DIE NATURWISSENSCHAFTEN

26. Jahrgang | 15. April 1938 | Heft 15

Neuere Modellvorstellungen über den Bau der Atomkerne.

Von C. F. v. WEIZSÄCKER, Berlin-Dahlem.

(Schluß[1].)

III. Verfeinerung des Modells.

9. Abweichungen der Erfahrung vom Tröpfchenmodell. Jede genauere empirische Untersuchung zeigt, daß die einzelnen Kerne individuelle Eigenschaften haben, die von den durch das Tröpfenmodell geforderten Mittelwerten abweichen. Das ist nicht sehr verwunderlich, wenn man bedenkt, daß die Kerne aus einer kleineren Zahl von einzelnen Teilchen aufgebaut sind als manche organischen Moleküle. Man wird also jedenfalls außer den Flüssigkeitseigenschaften in den feineren Zügen der Abhängigkeit der Kerneigenschaften von der Teilchenzahl Wirkungen einer inneren Struktur erwarten. Wenn man auf diese Struktur Rückschlüsse ziehen will, muß man versuchen, die Abweichungen der Erfahrung vom Tröpfchenmodell zu ordnen und auf ihre Bedeutung für das Modell zu prüfen. Wir geben daher in diesem Abschnitt zunächst eine Zusammenstellung derjenigen individuellen Kerneigenschaften, die zu den nachher zu schildernden Verfeinerungen des Modells einen Beitrag geliefert haben.

a) Die *Massendefekte* zeigen einen ungleichmäßigen Gang mit der Teilchenzahl. Erstens sind die Kerne mit gerader Protonen- und Neutronenzahl fester gebunden als die ungeradzahligen. Es besteht also offenbar eine Neigung zu einer Zweiergruppierung im Kern. Solange die Kerne gleichviele Protonen wie Neutronen enthalten, kann man jedem Protonenpaar im Kern gerade auch ein Neutronenpaar zuordnen, d. h. es sind gerade diejenigen Kerne energetisch ausgezeichnet, die aus einer ganzen Zahl von α-Teilchen bestehen. Jedoch ist die Bindungsenergie der α-Teilchen aneinander wiederum nicht einfach proportional zur Zahl der α-Teilchen (1, 35). Erstens sind die α-Teilchen in den sehr leichten Kernen von Beryllium und Kohlenstoff schwächer aneinander gebunden als in den schwereren, und zweitens zeigen sich Unregelmäßigkeiten, wie z. B. daß in Sauerstoff das zuletzt hinzugefügte α-Teilchen nicht nur fester gebunden ist als in dem leichteren Kohlenstoff, sondern auch als in dem schwereren Neon (s. Tabelle 1, S. 228).

b) Die Lage der *angeregten Zustände* ist für einige leichte Kerne durch Umwandlungsversuche bestimmt worden. Sie bilden ein weiteres energetisches Merkmal des Kerns. Um empirische Regeln über ihre Lage aufzustellen, reicht das Material wohl noch nicht aus, aber der Versuch, ihre Anordnung dort, wo sie bekannt ist, rechnerisch abzuleiten, könnte eine nützliche Prüfung für verfeinerte theoretische Vorstellungen sein.

c) Auch die *Isotopensystematik* liefert energetische Aussagen über die Kerne. Denn wenn ein Kern als stabil bekannt ist, so muß er stärker gebunden sein als seine Nachbarkerne gleicher Masse, in die er durch β-Zerfall übergehen könnte. Die in der Natur wirklich vorkommenden Kerne geben also zu jeder Massenzahl das empirisch günstigste Mischungsverhältnis von Protonen und Neutronen an. Die groben Züge der Isotopensystematik, wie die genäherte Gleichheit der Protonen- und Neutronenanzahl und das Anwachsen des Neutronenüberschusses mit wachsender Ordnungszahl, konnte man schon durch das Tröpfchenmodell verstehen. Die überwiegende Häufigkeit der Kerne mit geraden Teilchenzahlen (Regeln von HARKINS u. a.) bildet nur eine unabhängige Bestätigung der größeren energetischen Stabilität dieser Kerne. Im übrigen enthält aber die Isotopensystematik noch eine Fülle von bisher kaum ausgewerteten Daten, wie die Isotopenanzahlen der einzelnen Elemente, die Unregelmäßigkeiten im Gang des günstigsten Mischungsverhältnisses mit der Ordnungszahl [GAMOWS (14) „Windungen der Energiefläche"] usw.

d) Die *Spins* der Kerne haben bisher noch gar keinen Beitrag zu den Modellen geliefert. Was wir als „Spin" des Kerns durch seine Wechselwirkung mit der Elektronenhülle messen, ist die Summe des wirklichen Drehimpulses seiner Rotation im Grundzustand und der Spinmomente aller Teilchen, aus denen er besteht. Es wäre nicht verwunderlich, wenn diese zusammengesetzte Größe sehr empfindlich von Einzelheiten des Modells abhinge und so erst auf einer späten Stufe der Erklärung zugänglich würde. Empirisch zeigt der Spin nur eine einfache Gesetzmäßigkeit: er ist Null für alle Kerne gerader Protonen- und Neutronenanzahl. Die Spins der übrigen Kerne nehmen dagegen ohne leicht erkennbare Regel Werte zwischen 1/2- und 9/2mal $h/2\pi$ an.

e) Für die *magnetischen Momente*, die mit den Kernspins verbunden sind, gilt Ähnliches wie für diese selbst. Jedoch gibt es einige empirische Regeln, welche den Zusammenhang zwischen beiden Größen betreffen. Theoretisch betrachtet ist das mechanisch definierte Spinmoment ein Maß für die Rotation der Masse des Kerns, das magnetische Moment ein Maß für die Rotation seiner Ladung. Der Zusammenhang zwischen beiden ist also durch die Verteilung und Beweglichkeit der geladenen Bestandteile des Kerns

[1] Vgl. Heft 14, S. 209.

gegeben, wird also vermutlich auch keine sehr einfache Eigenschaft des Modells sein. Zu erwähnen sind noch einige vor kurzem gefundene, sehr genaue numerische Beziehungen zwischen den Momenten verschiedener Kerne (31), die bisher keinerlei theoretische Deutung gefunden haben.

f) Neuerdings konnten auch *elektrische Quadrupolmomente* der Kerne bestimmt werden (30). Sie zeigen, daß jedenfalls die Ladungsverteilung, vermutlich also auch die Massenverteilung im Kern nicht durchweg Kugelsymmetrie zeigt. Die Quadrupolmomente entsprechen in einigen Fällen einer Abplattung, in anderen Fällen einer Verlängerung des Kerns in der Richtung seiner Rotationsachse. Die Abplattung könnte als Wirkung der Rotation gedeutet werden; dagegen kann eine Verlängerung in der Rotationsachse wohl nur einer einigermaßen starren Struktur zugeschrieben werden.

g) Eine recht genau bekannte charakteristische Zahl jedes Kerns ist seine *Häufigkeit* in der Natur. Erstens sind die relativen Häufigkeiten der Isotope eines Elements im allgemeinen sehr gut bestimmt, und zweitens gibt es auch über die absolute Häufigkeit der verschiedenen Elemente in der Natur reichhaltige Erfahrungen, die vor allem darauf hindeuten, daß das Mischungsverhältnis der Elemente in der Erde, den Meteoriten, der Sonne und den Fixsternen in groben Zügen dasselbe ist; so steht, um nur die hervorstechendsten Beispiele zu nennen, die überwiegende Häufigkeit von Sauerstoff und Eisen, verglichen mit ihren Nachbarelementen, außer Frage. Schwieriger ist es dagegen, zu wissen, welche Eigenschaft der Kerne durch ihre Häufigkeit eigentlich gemessen wird. Um diese Frage allgemein beantworten zu können, müßte man eine gesicherte Theorie der Entstehung der Elemente haben. Ohne uns auf Spekulationen hierüber einzulassen, können wir aber behaupten, daß empirisch ein Zusammenhang zwischen Häufigkeit und Bindungsenergie besteht. So besagt z. B. die HARKINSsche Regel nicht nur, daß es mehr verschiedene Kernsorten mit geraden Teilchenzahlen gibt als mit ungeraden, sondern auch, daß die geraden Kernsorten im allgemeinen geochemisch häufiger sind. Einen über diese Auszeichnung gerader Teilchenzahlen hinausgehenden Zusammenhang zwischen Massendefekt und Häufigkeit zeigt Fig. 2, S. 228. Wenn man als Arbeitshypothese diesen Zusammenhang auch auf die Fälle ausdehnt, in denen er bisher nicht direkt bestätigt werden konnte, so gewinnt man damit eine Fülle von empirischem Material über die Verhältnisse der Bindungsenergien von Kernen, deren Massendefekte bisher längst nicht genau genug gemessen werden konnten. In der Arbeit von WEFELMEIER, die wir im Abschnitt 11 besprechen, ist diese Hypothese, wie es scheint mit Erfolg, angewandt worden.

10. Das Hartree-Modell für leichte Kerne. Beim Versuch der Begründung des Tröpfchenmodells standen einander schließlich als extreme Grenzfälle das HARTREEsche Modell der freien Teilchen und das Modell der im Kern vorgebildeten α-Teilchen gegenüber. Auch alle bisherigen Bemühungen um eine Verfeinerung des Modells gehen von einer dieser beiden Vorstellungen aus. Auch hier hat das Hartree-Modell den Vorzug der größeren rechnerischen Einfachheit, während das α-Teilchenmodell vermutlich der Wirklichkeit näherkommt. Wir stellen hier zunächst die Ergebnisse beider Modelle nebeneinander und verschieben die Frage, wie sie miteinander zu vereinbaren seien, auf den Schluß.

Für leichte Kerne ist das HARTREEsche mittlere Potential im Kern nicht mehr räumlich konstant, sondern nähert sich eher der Form des in der Atomhülle herrschenden Zentralfeldes. Dementsprechend würde man für die leichten Kerne nach dem Hartree-Modell einen Schalenaufbau erwarten. Eine Reihe neuerer Arbeiten (11, 12, 18, 40) befaßt sich damit, diesen Schalenaufbau auf Grund der heutigen Kenntnisse über die Kernkräfte vorauszusagen. Der Sinn dieser Rechnungen kann es natürlich nicht sein, die Eigenschaften der Kerne quantitativ zu bestimmen; wir wissen schon, daß die Hartree-Näherung dafür nicht ausreicht. Aber sie gehen aus von der Hoffnung, daß sich gewisse qualitative Züge dieses Schalenmodells in der Wirklichkeit noch würden wiederfinden lassen. Daher wollen wir hier die Abweichungen dieses Modells vom Tröpfchenmodell mit denen der Erfahrung, die oben zusammengestellt sind, vergleichen.

a) und g) Die beiden ersten abgeschlossenen Schalen sind nach dem Modell Helium und Sauerstoff, deren besondere Stabilität empirisch bekannt ist. Berechnet man für sie und die dazwischenliegenden Kerne die Bindungsenergien, so erhält man natürlich falsche Werte, die aber durch Addition einer universellen Konstanten mit den empirischen ungefähr zur Deckung gebracht werden können. Die Methode ist also imstande, die Bevorzugung der geraden Teilchenzahlen auszudrücken.

b) Die Übereinstimmung der beobachteten Lage angeregter Zustände mit der berechneten ist in einigen Fällen behauptet worden; die Bedeutung solcher genäherter Übereinstimmungen ist aber schwer abzuschätzen.

c) Hier müssen die älteren Versuche von ELSASSER (7) und GUGGENHEIMER (16) erwähnt werden, die Unregelmäßigkeiten im Gang des günstigsten Mischungsverhältnisses bei schweren Kernen mit gewissen ausgezeichneten Protonen- und Neutronenanzahlen (50, 82, 126) zu erklären, bei denen Schalenabschluß erfolgen sollte. Die Erfahrungen scheinen einer solchen Darstellung nicht ungünstig, jedoch konnte keine plausible Begründung für die Wahl gerade dieser Zahlen gefunden werden, und es ist nach unseren heutigen Kenntnissen kaum vorstellbar, daß so schwere Kerne noch Andeutungen eines Schalenbaues zeigen. Für leichtere Kerne sind bisher keine sicheren Beziehungen des Modells zur Isotopensystematik bekannt.

d) Das Verschwinden der Spins aller geradzahligen Kerne folgt aus dem Modell. Fügt man ein weiteres Teilchen hinzu, so muß der Drehimpuls, den der Kern nun hat, diesem einen Teilchen zugeschrieben werden. Er sollte also gegeben sein durch den charakteristischen Drehimpuls derjenigen „Schale", der das Teilchen angehört. Nach HUND (19) sind die empirischen Drehimpulse häufig kleiner, aber nie größer als dieser Wert.

e) Schreibt man einem einzigen Teilchen den gesamten Drehimpuls zu, so ergibt sich eine bestimmte Beziehung zwischen mechanischem und magnetischem Moment; dabei bleibt nur eine Zweideutigkeit des Resultats übrig, weil das Spinmoment des Teilchens sich entweder parallel oder antiparallel zu seinem Bahnmoment einstellen kann. LANDÉ (25) hat schon vor längerer Zeit dieses Modell vorgeschlagen. Eine neuere Arbeit von SCHMIDT (29) zeigt, daß man die Erfahrungen darstellen kann, wenn man das Modell als erste Näherung zugrunde legt, aber mit einem kleineren magnetischen Moment des Teilchenspins rechnet. Diese Verminderung muß auf einer Wechselwirkung mit dem Kernrumpf, also einer Abweichung von dem Modell des einen spinerzeugenden Teilchens beruhen. Im übrigen folgt aus diesem Modell noch nicht, daß der Kernrumpf einen Schalenaufbau hat; man kann ihm ebensogut eine α-Teilchenstruktur zuschreiben. Für einige leichte Kerne erhielten BETHE und ROSE (28) aus dem Hartree-Modell die richtige Größenordnung der magnetischen Momente.

f) Soweit die Quadrupolmomente einer Verlängerung des Kerns entsprechen, scheint ihre Deutung im Hartree-Modell unmöglich.

Im ganzen scheint das Hartree-Modell einige Erfahrungen besser darzustellen, als man nach seinem Versagen beim Problem der Bindungsenergien hätte erwarten sollen. Ehe man diesen Übereinstimmungen Bedeutung beimißt, muß man sie aber mit den Ergebnissen des α-Teilchenmodells vergleichen.

11. Das α-Teilchenmodell. Baut man den Kern aus α-Teilchen auf, so ist die erste Frage, ob die α-Teilchen ihrerseits sich frei durcheinander bewegen oder ob sie einander in der Bewegung hemmen und vielleicht gar auf feste Gleichgewichtslagen beschränken; in der Sprache makroskopischer Analogien: ob sie einem Gas, einer Flüssigkeit oder einem festen Körper ähneln. Da wir diese Frage heute noch nicht rechnerisch entscheiden können, halten wir uns an den empirischen Weg. Eine unlängst erschienene Arbeit von WEFELMEIER (34, 35) vergleicht den Kern mit einem kleinen Kristall aus α-Teilchen. Selbstverständlich beansprucht dieses Modell keine wörtliche Gültigkeit. WEFELMEIER konnte aber zeigen, daß es in vielen Punkten die oben angegebenen Erfahrungen richtig wiedergibt. Dieser Abschnitt ist in der Hauptsache eine Erläuterung der Grundgedanken der WEFELMEIERschen Arbeit.

WEFELMEIER betrachtet rein klassisch nach dem Muster der Kristallmodelle diejenigen Konfigurationen, die aus einer vorgegebenen Zahl von α-Teilchen aufgebaut werden können. Die α-Teilchen werden als starre Kugeln behandelt. Die Kugelsymmetrie des α-Teilchens beruht auf der Nullpunktsschwingung seiner 4 Bestandteile um den gemeinsamen Schwerpunkt; genau ebenso wirkt ja auch die Elektronenhülle eines Edelgasatoms nach außen völlig kugelsymmetrisch. Die Starrheit des α-Teilchens ist natürlich nur eine Näherung, die durch seine große energetische Stabilität immerhin nahegelegt ist. Diejenige Konfiguration gilt nun als stabilste und daher als das Abbild des wirklichen Kerns, bei der möglichst viele Berührungen zwischen je 2 α-Teilchen stattfinden. Damit ist das Modell in der Mehrzahl der Fälle eindeutig festgelegt. Wir vergleichen es nun mit der Erfahrung.

a) Die durchsichtigsten Eigenschaften haben die leichteren Kerne, die nur aus wenigen α-Teilchen bestehen. So ergeben 3 α-Teilchen (^{12}C) als Modell ein gleichseitiges Dreieck, vier (^{16}O) ein Tetraeder, fünf (^{20}Ne), sechs (^{24}Mg) bzw. sieben (^{28}Si) α-Teilchen jeweils eine Figur, die aus einem regulären Drei-, Vier- bzw. Fünfeck besteht, über dessen Mittelpunkt jeweils oben und unten ein weiteres α-Teilchen liegt. Die empirischen Bindungsenergien dieser Kerne sind in Tabelle 1 angegeben; das Zahlenmaterial ist dasselbe, nach dem Fig. 2 gezeichnet ist. Daß das mit angegebene ^{8}Be überhaupt nicht stabil zu sein scheint, dürfte an demselben kinetischen Effekt liegen, der die geringe Bindung des Deuterons, verglichen mit dem α-Teilchen, bewirkt. Für die übrigen angegebenen Kerne ergibt sich mit erstaunlicher Genauigkeit Proportionalität des Massendefekts gegen Zusammensetzung aus α-Teilchen mit der Zahl der Berührungen ($\Delta M/n$ = const.), man scheint also jeweils einer „Berührung" einen festen Betrag der Bindungsenergie zuschreiben zu dürfen. Auch daß Ne gegen seine Nachbarn etwas benachteiligt ist, erscheint begründet, da gerade in dem ihm zugeordneten Modell die zwei äußeren α-Teilchen so weit voneinander entfernt sind, daß ihre COULOMBsche Abstoßung ihre gegenseitige Anziehung überwiegen könnte. So liefert also auch dieses Modell die ausgezeichnete Stellung von Sauerstoff. Es erklärt auch, warum Mg und Si wieder recht stabil und häufig sind: Wählt man als Grundfigur ein Viereck oder Fünfeck, so haben die beiden außen aufsitzenden Teilchen in der Mitte dieser Figur wieder mehr freien Raum als bei einem Dreieck und können daher wieder näher zusammenrücken. Über die Modelle schwererer Kerne sei nur bemerkt, daß bei Eisen gerade ein α-Teilchen von 12 anderen umgeben werden kann. Zwölf ist bekanntlich die Koordinationszahl der dichtesten Kugelpackung; daher ist bei erstmaliger Erreichung dieser Zahl in der Tat ein besonders großer Energiegewinn zu erwarten.

Tabelle 1[1].

Zahl der α-Teilchen N_α	Kern	Massendefekt ΔM gegen ^{4}He in 10^{-4} Masseneinheiten	Zahl der Berührungen n	$\Delta M/n$
2	(^{8}Be)	− 1,4	1	−1,4
3	^{12}C	+77	3	25,6
4	^{16}O	156	6	25,9
5	^{20}Ne	206	9	22,9
6	^{24}Mg	309	12	25,8
7	^{28}Si	406	16	25,4
8	^{32}S	488	19	25,7
9	^{36}Ar	570	23	24,8
13	(^{52}Fe)	∼1000	42	∼25

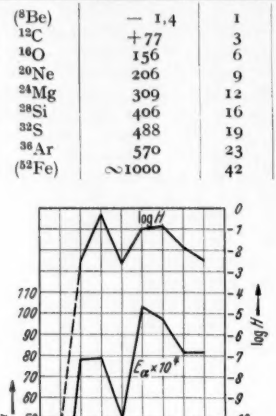

Fig. 2. Anlagerungsenergie des letzten an einen Kern angefügten α-Teilchens (E_α) in 10^{-4} Masseneinheiten, und Logarithmus der Häufigkeit des Kerns nach WEFELMEIER.

b) Angeregte Zustände seiner Modelle hat WEFELMEIER nicht zu berechnen versucht. Jedoch hat HUND (19) darauf hingewiesen, daß in einem einfachen Fall (^{12}C) dieses Modell eine ähnliche Verteilung der tiefsten Zustände ergibt wie das Hartree-Modell, und hat plausibel gemacht, daß dies allgemeiner gilt. Hier würde also ein Vergleich mit der Erfahrung nicht zwischen den Modellen entscheiden können.

c) Über die Isotopensystematik macht WEFELMEIER die Feststellung, daß stets dort, wo in seinen Modellen eine wesentliche Strukturänderung auftritt (z. B. Übergang von ebenen zu räumlichen Modellen, Übergang von Modellen, in denen alle α-Teilchen an der Oberfläche liegen, zu solchen mit überwiegend oder ganz bedeckten α-Teilchen), die Anzahl der Isotope der Elemente gerader Ordnungszahl sich ändert. Für die schweren Elemente stellt er die empirische Regel auf, die mit sehr wenigen Ausnahmen gilt: die Mindestzahl von Überschußneutronen, die zu einer gegebenen Zahl von α-Teilchen im Kern gehört, ist das Vierfache der Anzahl der völlig von anderen α-Teilchen räumlich bedeckten α-Teilchen in dem betreffenden Modell. Es ist schwer, die Bedeutung derartiger empirischer Regeln abzuschätzen; jedenfalls muß aber betont werden, daß die Modelle nach einer einfachen und streng formulierbaren Regel aufgebaut sind und daher ihr Zusammenstimmen mit gewissen Zügen der Erfahrung eine positive, prüfbare Aussage bedeutet. Eine Bewährung des Modells mit diesen zusätzlichen Regeln würde zu der anschaulichen Folgerung zwingen, daß die überschüssigen Neutronen das Gerät der α-Teilchen nicht wesentlich stören, sondern sich umgekehrt in ihm wie in einem festen Kraftfeld bewegen, dessen Änderungen von Kern zu Kern sich für uns sichtbar in den Änderungen der möglichen Anzahlen von Überschußneutronen spiegeln.

d) und e) Die Spinsystematik auf Grund dieses Modells führt in einigen einfachen Fällen bei leichten Kernen wieder zum selben Resultat wie das Hartree-Modell. Für schwerere Kerne ist sie noch nicht versucht worden.

f) Das Modell führt zwangsläufig auf verlängerte („zigarrenähnliche") Kernformen oberhalb des hochsymmetrisch angenommenen Eisenkerns. Denn lagern wie an einen nahezu kugelsymmetrischen Kern mehrere α-Teilchen an, so ist es energetisch günstig, daß sie sich alle auf derselben Seite des Kerns versammeln, weil sie dann nicht nur an den Restkern, sondern auch aneinander gebunden werden. In der Tat liefert die Aufbauvorschrift nach WEFELMEIER gerade in der Gegend der seltenen Erden, in denen die am meisten verlängerten Kerne gefunden werden, auch das Maximum der Abweichung von der Kugelsymmetrie. Nach SCHMIDT (29) wird sich der Drehimpuls des einen rotierenden Teilchens in der Tat parallel zu der hierdurch definierten Achse einstellen, wenn sich seine Eigenfunktion etwa wie eine „Bauchbinde" um den zigarrenförmigen, wegen des Pauli-Prinzips schwer durchdringlichen Kern herumlegt. Ähnliche Betrachtungen hat auch U. FANO (9) angestellt.

Die Vorstellungen, die dieses Modell verwendet, sind so einfach, daß es verständlich ist, wenn man zunächst an ihrer Zulässigkeit zweifelt. Andererseits kann man sich vor ihrem Erfolg gegenüber der Erfahrung nicht verschließen. Sicher ist, daß das Modell praktisch alle Erfahrungen, die das Hartree-Modell erklärt, ebenfalls zu erklären vermag, und noch eine große Reihe von Tatsachen darüber hinaus umfaßt. Die Aufgabe der Theorie wird sein, es einerseits durch weitere Anwendung zu prüfen, und andererseits verständlich zu machen, daß es mit unseren geläufigen Modellvorstellungen vereinbar ist. Für die letztere Aufgabe soll der Schlußteil dieses Aufsatzes nun noch einige Hinweise geben.

[1] Fig. 2 und Tabelle 1 verdanke ich Herrn WEFELMEIER. Die Massendefekte sind gegenüber seiner Originalarbeit durch Berücksichtigung der neuen Zahlen von BETHE und LIVINGSTON (3) verbessert.

IV. Hoffnungen und ungelöste Fragen.

12. Vergleich der Modelle. Vergegenwärtigen wir uns noch einmal das Ergebnis der bisherigen Arbeiten. Das Problem des Kernbaues entzieht sich durch seine Komplikation einer strengen Durchrechnung und wird sich ihr immer entziehen. Um es überhaupt angreifen zu können, sind daher gewisse Vereinfachungen nötig. Den Leitfaden zu diesen Vereinfachungen können entweder Rücksichten auf die Bequemlichkeit der Rechnung oder spezielle Erfahrungen bilden.

Der erste Weg geht aus von der Annahme freibeweglicher Teilchen im Kern, die sich noch mathematisch formulieren läßt. Seine Stärke liegt in der theoretischen Durchsichtigkeit, seine Schwäche in der geringen Verwendbarkeit zur Ordnung einzelner Erfahrungen. So konnte er dienen, um das Tröpfchenmodell zu begründen, aber nicht, um es wesentlich zu verfeinern. Als sein wichtigstes bisheriges Ergebnis sehen wir den Nachweis von EULER an, daß eine beträchtliche Verbesserung der berechneten Werte der Bindungsenergie möglich ist, wenn man die individuelle Wechselwirkung einzelner Teilchen, die als Tendenz zur Bildung von α-Teilchen aufgefaßt werden kann, als Störung einführt. Er gibt damit einen begrifflichen Hintergrund für jeden Versuch, die Erfahrungen mehr im einzelnen zu deuten.

Der zweite Weg geht aus von den zahlreichen empirischen Regeln über Massendefekte, Häufigkeiten und Isotopenanordnung der Elemente. Seine Stärke liegt in der Möglichkeit zur ständigen empirischen Kontrolle, seine Schwäche in der Unsicherheit der theoretischen Grundlagen. Als sein wichtigstes bisheriges Ergebnis sehen wir den Nachweis von WEFELMEIER an, daß sich ein großer Teil unseres empirischen Wissens über die individuellen Eigenschaften der Kerne durch eine kristallähnliche Struktur von α-Teilchen deuten läßt. Er stellt damit eine Tatsache fest, die als Prüfstein künftiger grundsätzlicher theoretischer Ansätze verwendet werden kann.

Sind nun die Ergebnisse beider Wege miteinander vereinbar? Fordert nicht vor allem die Annahme kristallähnlicher Strukturen eine Starrheit von den Kernen, die mit keiner Abschätzung der Nullpunktsschwingungen der α-Teilchen vereinigt werden kann? Diese Frage drängt sich besonders stark auf, wenn man bedenkt, daß die EULERsche Näherung nur die Tendenz zur Bildung, nicht aber die gegenseitige Lagerung der α-Teilchen berücksichtigt.

Vielleicht löst sich der Widerspruch aber auf, wenn man berücksichtigt, daß jede Flüssigkeit im kleinen eine kristallähnliche Struktur haben muß. Greift man ein bestimmtes Atom einer aus gleichen, kugelsymmetrischen Atomen aufgebauten Flüssigkeit heraus, so wird dieses im Mittel der Zeit einfach aus geometrischen Gründen von zwölf anderen umgeben sein, die etwa die Anordnung einer dichtesten Kugelpackung haben. Diese Atome tauschen allerdings hier und da ihren Platz mit ihren Nachbarn, und die Unregelmäßigkeit dieser Austauschvorgänge bewirkt, daß die Struktur im großen gesehen keine Regelmäßigkeiten mehr aufweist. Ein Kern ist aber, wie WEFELMEIER bemerkt, eine Flüssigkeit aus so wenigen „Atomen", daß an ihm diese Strukturen stets erkennbar bleiben müssen. Die α-Teilchen im Kern brauchen also keine festen Gleichgewichtslagen zu haben wie in einem Kristall, und sie dürfen auch häufig Neutronen und Protonen untereinander austauschen; trotzdem bietet es keine Schwierigkeit, sich vorzustellen, daß bei der Bewegung aller Kernbestandteile im Zeitmittel diejenige Anordnung mit überwiegender Häufigkeit angetroffen wird, die aus energetischen Gründen die günstigste wäre. Man kann das auch so ausdrücken: Haben die Teilchen feste Gleichgewichtslagen, so gelten die nichtkugelsymmetrischen WEFELMEIERschen Modelle. Überwiegt die Nullpunktsbewegung alle Lokalisierungstendenzen, so wird der Kern kugelsymmetrisch. Die Wahrheit wird in der Mitte liegen. Es werden also Abweichungen von der Kugelsymmetrie auftreten, und diese müssen dann in der Richtung auf die WEFELMEIERschen Modelle zu liegen[1].

Wie verhalten sich nun in dieser Beleuchtung die beiden Versuche einer Verfeinerung des Tröpfchenmodells zueinander? Die Entscheidung zwischen dem HARTREEschen Schalenmodell und dem α-Teilchenmodell schien durch die Tatsache erschwert, daß beide trotz des verschiedenen Ausgangspunkts in vielen Fragen gleichartige Antworten liefern. Jetzt dürfen wir vielleicht sagen, daß in diesen Fragen beide Modelle einen sinnvollen Ansatz bedeuten. Denn wenn die physikalischen Vorstellungen, zu denen die konsequente Verfolgung beider Modelle führt, letzten Endes identisch sind, so wird man für alle die Fragen, die beide Modelle schon in erster Näherung gleichlautend beantworten, auf weitere Verfeinerungen verzichten können. Sind dagegen die Antworten beider Modelle verschieden, so verdient das Modell des Kristalls aus α-Teilchen als erste Näherung den Vorzug.

13. Das Problem der Kernisomerie. Die Liste der positiven Ergebnisse der modellmäßigen Untersuchungen ist hiermit erschöpft, und es bleibt noch übrig, auf eine Erscheinung hinzuweisen, die sich der Deutung vorläufig widersetzt. Sie besteht darin, daß ein Kern bekannter Zusammensetzung in zwei verschiedenen, durch ihre β-Zerfallsperioden auch für unsere Meßinstrumente unterscheidbaren „isomeren" Formen während einer Zeit von Stunden oder selbst Tagen existieren kann, ohne daß eine der beiden Formen in die andere überginge. Der erste Fall von Isomerie wurde vor 15 Jahren von HAHN entdeckt (UX_2

[1] Es ist übrigens mathematisch noch nicht geklärt, ob diese Abweichungen nicht schon in den im Abschnitt 8 erwähnten Störungsrechnungen für *leichte* Kerne enthalten sind.

und UZ); über die neueren Fälle vgl. etwa den Bericht von Fleischmann und Bothe (13).

Die oben besprochenen Modelle legen es nahe, genau analog zu gewissen chemischen Erscheinungen an eine Strukturisomerie zu denken. In der Tat ist es, zumal für schwerere Kerne, stets möglich, mehrere konkurrierende Modelle aufzubauen, die sich durch die Lage einzelner Teilchen oder selbst durch ihren ganzen Symmetrietypus unterscheiden, ohne daß der energetische Unterschied zwischen beiden sehr groß zu sein brauchte. Jedoch wäre dazu eine Starrheit der Kerne notwendig, die mit der Flüssigkeitsvorstellung nicht mehr vereinbar erscheint. Denn, damit zwei verschiedene Strukturen nicht ineinander übergehen, ist es nicht hinreichend, daß sie im Zeitmittel die richtige Beschreibung des Kerns darstellen, sondern daß jede von beiden über makroskopische Zeiten hinweg tatsächlich existiert. Dergleichen ist in Molekülen möglich, in denen die Nullpunktsbewegungen der Kerne klein genug sind, um eine sehr genaue Lokalisierung der Atomschwerpunkte zu gestatten, aber nach allen bisherigen Abschätzungen nicht im Kern. Zum mindesten müßte also, wenn man an Strukturisomerie glaubt, zur Strukturverschiedenheit ein weiterer, Übergänge verhindernder Effekt kommen.

Eine abweichende Erklärung der Isomerie wurde in Analogie zu Gamows Erklärung der langen Lebensdauern einiger β-Strahler (K, Rb) vorgeschlagen (38). Man kann zeigen, daß der Übergang zwischen 2 Kernen oder Kernzuständen in sehr hoher Näherung verboten ist, wenn der Unterschied der Drehimpulse beider Zustände groß ist. Vor kurzem haben Kopfermann und Heyden (17) gezeigt, daß zwischen dem langlebig radioaktiven ^{87}Rb und seinem Folgeprodukt ^{87}Sr die große Drehimpulsdifferenz $3h/2\pi$ besteht. Man wird kaum zögern, hierin die Ursache der langen Lebensdauer von ^{87}Rb zu sehen und könnte nun analog auch den isomeren Zuständen eines Kerns hypothetisch große Drehimpulsdifferenzen zuschreiben. Leider scheint eine direkte Prüfung dieser Annahme vorläufig ausgeschlossen. Sie kommt aber in Schwierigkeiten durch die Feststellung von Hahn, Meitner und Strassmann (26), daß das unterscheidende Merkmal der isomeren Zustände auch bei Emission von β- und γ-Strahlung durch die Kerne erhalten bleiben kann, was sich in einigen Fällen mit der Drehimpulshypothese nur sehr gezwungen vereinigen ließe. Diese Schwierigkeit bestünde wiederum nicht, wenn das unterscheidende Merkmal nicht nur ein Drehimpuls, sondern ein tiefer greifender Strukturunterschied wäre.

Wir haben also heute nur zwei unzureichende Erklärungen der Isomerie und wissen noch nicht, ob sich im Rahmen der vorliegenden Modellvorstellungen ein Bild finden läßt, daß ihre Vorzüge, aber nicht ihre Nachteile in sich vereinigt.

Literatur.

1. H. A. Bethe u. R. F. Bacher, Rev. mod. Phys. **8**, 82 (1936). — 2. H. A. Bethe, Rev. mod. Phys. **9**, 69 (1937). — 3. H. A. Bethe u. M. S. Livingston, Rev. mod. Phys. **9**, 245 (1937). — 4. N. Bohr, Nature (Lond.) **137**, 344 (1936) — Naturwiss. **24**, 241 (1936). — 5. N. Bohr u. F. Kalckar, Kgl. Danske Vid. Selsk. **14**, Nr 10 (1937). — 6. G. Breit u. E. Feenberg, Physic. Rev. **50**, 850 (1936). — 7. W. Elsasser, J. Physique et Radium **4**, 549 (1933); **5**, 389, 636 (1934). — 8. H. Euler, Z. Physik **105**, 553 (1937). — 9. U. Fano, Naturwiss. **25**, 602 (1937). — 10. E. Feenberg, Physic. Rev. **52**, 667 (1937). — 11. E. Feenberg u. E. Wigner, Physic. Rev. **51**, 95 (1937). — 12. E. Feenberg u. M. Phillips, Physic. Rev. **51**, 597 (1937). — 13. R. Fleischmann u. W. Bothe, Erg. exakt. Naturwiss. **16** (1937). — 14. G. Gamow, Z. Physik **89**, 592 (1934). — 15. B. O. Grönblom, Naturwiss. **25**, 526 (1937) — Acta Soc. Medic. fenn. Duodecim **2**, Nr 9 (1937). — 16. K. Guggenheimer, J. Physique et Radium **5**, 253, 475 (1934). — 17. M. Heyden u. H. Kopfermann, Z. techn. Physik **18**, 534 (1937). — 18. F. Hund, Z. Physik **105**, 202 (1937). — 19. F. Hund, Z. techn. Physik **18**, 503 (1937). — 20. D. R. Inglis, Physic. Rev. **51**, 531 (1937). — 21. P. Jordan, Naturwiss. **24**, 209 (1936). — 22. P. Jordan, Naturwiss. **25**, 273 (1937). — 23. N. Kemmer, Nature (Lond.) **140** (1937). — 24. L. Landau, Sow. Phys. **11**, 556 (1937). — 25. A. Landé, Physic. Rev. **44**, 1028 (1933). — 26. L. Meitner, O. Hahn u. F. Strassmann, Z. Physik **106**, 249 (1937). — 27. K. Nakabayasi, Proc. phys.-math. Soc. of Japan **19** (1937). — 28. M. E. Rose u. H. A. Bethe, Physic. Rev. **51**, 205, 993 (1937). — 29. Th. Schmidt, Z. Physik **106**, 358 (1937). — 30. H. Schüler u. Th. Schmidt, Z. Physik **98**, 430 (1936). — 31. H. Schüler u. H. Korsching, Z. Physik **105**, 168, 495 (1937). — 32. M. A. Tuve, N. P. Heydenburg u. L. R. Hafstad, Physic. Rev. **50**, 806 (1936). — 33. H. Volz, Z. Physik **105**, 527 (1937). — 34. W. Wefelmeier, Naturwiss. **25**, 525 (1937). — 35. W. Wefelmeier, Z. Physik **107**, 332 (1937). — 36. V. Weisskopf, Physic. Rev. **52**, 295 (1937). — 37. C. F. v. Weizsäcker, Z. Physik. **96**, 431 (1935). — 38. C. F. v. Weizsäcker, Naturwiss. **24**, 813 (1936). — 39. A. Wheeler, Physic. Rev. **52**, 1083 (1937). — 40. E. Wigner, Physic. Rev. **51**, 947 (1937).

Ein Versuch, das Lebenswerk W. Gibbs' der Gegenwart nahe zu bringen[1].

Seit dem Ableben J. Willard Gibbs', des hervorragendsten theoretischen Physikers, den Amerika bisher hervorgebracht hat, sind nunmehr etwa $3^1/_2$ Jahrzehnte verstrichen. In dieser Zeit wurde das Gesamtgebiet der Physik in ungeahnter Weise erweitert und Grundlegendes wurde umgestaltet. So ist es verständ-

[1] Besprechung des Werkes: A commentary on the scientific writings of J. Willard Gibbs. In zwei Bänden. Bd. 1: Thermodynamik (bezieht sich auf den Inhalt des Bd. 1 der gesammelten Werke von Gibbs, Ausgabe 1928), herausgegeben von G. F. Donnan und A. Haas. 14 cm × 22 cm. XXIII, 742 S. und 16 Abbild. Bd. 2: Theoretische Physik (bezieht sich auf den Inhalt des Bd. 2 der gesammelten Werke), herausgegeben von A. Haas. 14 cm × 22 cm. XX, 605 S. und 8 Abbild. New Haven: Yale University Press 1936. Preis beider Bände 10 Dollar oder 45 Shilling netto.

lich, daß die heutige Generation von einem Manne, wie GIBBS, ebenso wie von den übrigen Klassikern der gleichen Epoche oder früherer Zeiten im großen ganzen nur flüchtig Kenntnis zu nehmen pflegt. Man mag dies als eine unvermeidbare Zeiterscheinung hinnehmen; richtiger aber wohl ist es, sich ernsthaft die Frage vorzulegen: *Wie ist es möglich, das reiche Gedankengut wenigstens der überragendsten Klassiker der exakten Naturwissenschaften, das in seinen Einzelheiten für die Allgemeinheit zu versinken im Begriffe ist, den heutigen* (namentlich jüngeren) *Fachgenossen lebendig zu gestalten?*

Gerade bei W. GIBBS haben wir freilich einen besonders schwierigen Fall vor uns, da er auch zu seinen Lebzeiten eigentlich niemals wirklich (im wissenschaftlichen Sinne) populär war — ein großer Teil seiner älteren Schriften wurde ja erst viele Jahre nach ihrer Veröffentlichung in ihrer vollen Bedeutung erkannt. Selten wohl empfindet man daher das bekannte LESSINGsche Zitat als so zutreffend wie gerade bei GIBBS:

„Wer wird nicht einen KLOPSTOCK loben?
Doch wird ihn jeder lesen? — Nein!
Wir wollen weniger erhoben
und fleißiger gelesen sein!" — —

Eine relativ billige Ausgabe der gesammelten Werke GIBBS', die vor etwa 10 Jahren erschien, genügte offenbar nicht, um sein Lebenswerk einem größeren Kreise wirklich zugänglich zu machen, wenn eine solche auch als erster Schritt, als Grundlage, unentbehrlich war. Daher traten einige prominente Mitglieder der Yale University, an der GIBBS seinerzeit als Professor der mathematischen Physik wirkte, zu einem Komitee zusammen, welches sich die Schaffung eines Kommentars zu seinen Werken zur Aufgabe machte. In dem von diesem Komitee gezeichneten Vorwort heißt es:

„Die vorliegenden beiden Bände verfolgen ein doppeltes Ziel: Einerseits WILLARD GIBBS eine bleibende Ehrung zu erweisen, andererseits einem wirklichen Bedürfnis Rechnung zu tragen. Sie sollen das Studium des Originaltextes der GIBBSschen Schriften erleichtern und ergänzen, sollen aber in keiner Weise ein derartiges Studium überflüssig machen".

Schon diese Zielsetzung fordert ein wenig zur Kritik heraus.

Zunächst sei bemerkt, daß eine besondere Erinnerungsschrift für einen Mann wie GIBBS kaum noch nötig erscheint. Sein Gedankengut hat einen immerhin großen Teil der Physik vollkommen durchdrungen; es wirkt also gewissermaßen immanent in jedem Lehrbuch, nicht nur der theoretischen Physik, sondern auch anderer Zweige der Physik, insbesondere der chemischen Physik. Vor allem bedarf aber die Frage einer kurzen Erörterung, ob man unter den gegenwärtigen Verhältnissen jedem Studierenden der Physik und physikalischen Chemie noch ein eingehendes Studium der GIBBSschen Schriften zumuten kann, ein Standpunkt, der deutlicher noch als in dem allgemeinen Vorwort des Komitees in dem Vorwort der Herausgeber zum 1. Bande zum Ausdruck gebracht wird.

Die Physik hat seit GIBBS entscheidende Entwicklungsstufen zurückgelegt. Zwar ist manches Rätsel gelöst und in vieler Hinsicht eine größere Einheitlichkeit erzielt worden, auf der anderen Seite ist aber eine verwirrende Fülle neuen, z. T. recht heterogenen Tatsachenmaterials hinzugekommen. Immer und immer wieder wird daher der akademische Lehrer vor die schwerwiegende Frage gestellt: Wie kann man den Unterricht dieser Entwicklung anpassen, wie kann man seinen Schülern ein physikalisches Gesamtwissen vermitteln, welches einerseits leidlich umfassend ist, andererseits der heutigen technischen (stark ins einzelne gehenden) Entfaltung Rechnung trägt? Die Antwort kann offenbar ganz allgemein nur lauten: Dadurch, daß alles, was irgendwie entbehrlich ist, beiseite gelassen wird. Subjektivem Ermessen steht hierbei selbstverständlich ein weiter Spielraum frei, aber zu dem, was für die Mehrzahl der Physiker, Physikochemiker, vielleicht sogar der theoretischen Physiker heutzutage als entbehrlich bezeichnet werden kann, gehört sicherlich ein eingehendes Studium der Werke von GIBBS. Mag dieses auch durch Heranziehung eines Kommentars wesentlich erleichtert werden, es wird normalerweise doch eine Reihe von Monaten beanspruchen. Zwar wird der Gewinn dieses Zeitaufwandes nicht unbeträchtlich sein, aber er geht auf Kosten des Studiums anderer Gebiete (Elektrodynamik, Quantenmechanik usw.), die heutzutage mehr im Vordergrunde des Interesses stehen als die von GIBBS hauptsächlich bearbeiteten Disziplinen.

Dennoch ist im Prinzip ein Kommentar zu den GIBBSschen Schriften lebhaft zu begrüßen, weniger allerdings für einen großen Leserkreis als für die wenigen, die doch den Wunsch (und die Zeit) haben, sich wirklich in sein Werk zu vertiefen, vor allem also für solche, deren literarische und Unterrichtstätigkeit eine eingehende Auseinandersetzung mit der Ideenwelt GIBBS' erfordert. Zu einem derartigen Kommentar gehören selbstverständlich auch Angaben, in welcher Weise die (oft recht allgemeinen) Aussagen GIBBS' im Laufe der Zeit konkretere Gestalt angenommen und wie sie sich auch auf die sonstige Entwicklung der theoretischen, experimentellen und chemischen Physik ausgewirkt haben. Beispielsweise erwartet man unbedingt eine Schilderung und Kritik der in den letzten Jahrzehnten angestellten Versuche, die eine experimentelle Prüfung der bekannten GIBBSschen Formel für die Abhängigkeit der Oberflächenkonzentration an einer Grenzfläche von der Oberflächenspannungsänderung zum Ziele hatten (eine solche ist auch tatsächlich im Bd. 1, S. 557—566 zu finden).

Es wäre erfreulich gewesen, wenn der gesamte Kommentar in diesem Sinne disponiert und geschrieben worden wäre. In Wirklichkeit ist dies nur zum Teil der Fall. In einer Reihe von Artikeln (vor allem den im Bd. 1 enthaltenen) entfernen sich die Autoren bereits ziemlich weit von den ursprünglichen Gedankengängen und Ergebnissen W. GIBBS' und schildern den gegenwärtigen Stand einiger Teilgebiete in einer Weise, daß die betreffenden Artikel fast unverändert in einem beliebigen Sammelwerk hätten veröffentlicht werden können. Zwar ist man schließlich für jede wirklich gute zusammenfassende Darstellung irgendeines Teilgebietes dankbar; leider ist der Referent aber zu dem Eindruck gelangt, daß in der Literatur in manchen Fällen bereits bessere Darstellungen dieser Art existieren, als man sie gerade im ersten Bande findet. Auch aus anderen Gründen hinterläßt der 1. Band einen wenig befriedigenden Gesamteindruck, vor allem, weil die in ihm enthaltenen Artikel reichlich heterogen sind, und zwar sowohl hinsichtlich ihrer Themen als auch ihres Umfangs und ihrer Art der Stoffbehandlung.

Eine kurze Aufzählung des *Inhaltes des Bandes 1* wird zur Erläuterung dieses Urteils genügen, ohne daß es eines Eingehens auf Einzelheiten bedarf: A. Notiz über die Formelzeichen und Nomenklatur, 3 S., von F. G. DONNAN; B. Mathematische Hinweise, 13 S., von J. RICE; C. Schriften I und II erläutert durch

eine skizzenhafte Wiedergabe der (in späteren Jahren gehaltenen) Vorlesungen Gibbs' über Thermodynamik, 41 S., von E. B. Wilson (diese Wiedergabe hat offenbar in erster Linie den Zweck, zu zeigen, auf welche Teile seiner Thermodynamik Gibbs einige Jahre vor seinem Tode selbst noch Wert legte); D. Das allgemeine thermodynamische System W. Gibbs', 119 S., von J. A. V. Butler; E. Osmotische und Membrangleichgewichte, einschließlich elektrochemischer Systeme, 31 S., von E. A. Guggenheim; F. Die Größen ψ, χ und ϱ sowie die Gleichgewichtskriterien, 19 S., von E. A. Milne; G. Die Phasenregel und das heterogene Gleichgewicht, 61 S., von G. W. Morey; H. Graphische Darstellung des Gleichgewichts heterogener Systeme mittels der ζ-Funktion, 31 S., von F. A. H. Schreinemakers; I. Gleichgewichtsbedingungen heterogener Massen unter dem Einfluß der Schwere und einer Zentrifugalkraft, 9 S., von D. H. Andrews; J. Die Grundgleichungen für ideale Gase und Gasmischungen, 57 S., von F. G. Keyes; K. Thermodynamik elastischer Körper unter Zug und Druck, 110 S., von J. Rice; L. Der Einfluß unstetiger Grenzflächen auf das Gleichgewicht heterogener Massen, Theorie der Kapillarität, 204 S., von J. Rice; M. Die allgemeinen Eigenschaften einer vollkommenen chemischen Apparatur, elektrochemische Thermodynamik, 27 S., von H. S. Harned.

Einen völlig anderen Charakter trägt der von A. Haas allein herausgegebene *2. Band*. Hier verspürt man deutlich eine klare Zielsetzung und gewinnt unmittelbar den Eindruck einer zweckmäßigen Gestaltung des Stoffes.

Zunächst bringt A. Haas einen Überblick von 59 S. über die Grundlagen und Anwendungen der Gibbsschen Thermodynamik. Dieser Artikel entspricht einem wirklichen Bedürfnis; er ist leicht lesbar und vermittelt dem Leser in knapper Darstellung einen ausgezeichneten (für die meisten Fälle wohl vollkommen ausreichenden) Einblick in die Gibbssche Thermodynamik. Der folgende von P. S. Epstein verfaßte Aufsatz betitelt sich: „Anwendung der Gibbsschen Methoden auf moderne Probleme der Thermodynamik (54 S.). Der Titel ist aber irreführend. Tatsächlich beschäftigt sich der Aufsatz nur mit modernen Problemen, insbesondere dem Nernstschen Wärmesatz, zu dem sich bei Gibbs nicht einmal Ansätze finden. Übrigens ist dem Verfasser speziell die Darstellung des Nernstschen Satzes nicht sonderlich geglückt; im wesentlichen stützt er sich auf ältere Literatur; die neuere Entwicklung (namentlich in bezug auf die experimentellen Ergebnisse) wird kaum berücksichtigt.

Die Hauptteile des Bd. 2 befassen sich mit dem großen Thema der *statistischen Mechanik*.

Zu Beginn gibt A. Haas einen kurzen Überblick (17 S.) über die gesamte Entwicklung der statistischen Mechanik, in welchem bereits auf die Leistungen Gibbs' etwas näher eingegangen wird. Es folgen zwei längere Artikel, gleichfalls aus der Feder von A. Haas, betitelt: „Die Hauptergebnisse der Gibbsschen statistischen Mechanik" (118 S.) und „Spezieller Kommentar der Gibbsschen statistischen Mechanik" (164 S.). Im Anschluß bringt P. Epstein eine kritische Würdigung der Gibbsschen statistischen Mechanik, in der vor allem deren Verhältnis zur Boltzmannschen Statistik eingehend besprochen wird (60 S.). Den Abschluß bildet ein Aufsatz P. Epsteins über „Methoden der Quantenstatistik" (64 S.).

Man erkennt ohne weiteres, daß diese Folge von Artikeln durchaus planmäßig aufgebaut ist und nicht nur ein Eindringen in die Gibbssche statistische Mechanik zu erleichtern verspricht, sondern auch ein Verständnis für die Bedeutung der letzteren gegenüber der modernen Quantenstatistik. Ein kritisches Eingehen auf Einzelheiten dieser Artikelfolge ist leider im Rahmen dieser Besprechung nicht möglich; überdies hält sich der Referent für eine solche Aufgabe nicht für hinreichend zuständig. Nur in großen Umrissen soll daher versucht werden, das hervorzuheben, was ihm an der Leistung Gibbs' auf dem Gebiete der statistischen Mechanik für die heutige Physik charakteristisch zu sein scheint.

Bereits vor der von M. Planck 1900 aufgestellten Energiequantenhypothese, auf die übrigens Gibbs selbst nirgends hinweist, verstärkte sich mehr und mehr der Eindruck, daß die klassische kinetische Theorie ungenügend fundiert ist und auch in manchen Punkten mit der Erfahrung nicht im Einklang steht. Gibbs selbst weist in seinem Vorwort zur statistischen Mechanik darauf hin, daß in vielen Fällen (bei zweiatomigen Molekeln) die Molwärme eines Gases nur fünf Freiheitsgrade erkennen läßt, während die Theorie stets sechs erwarten läßt (eine Schwierigkeit, die Boltzmann bekanntlich durch die durchaus unbefriedigende Annahme, die betreffenden Molekeln seien um ihre Figurenachse als vollkommen „glatt" anzusehen, zu beseitigen versucht). Diese und ähnliche Schwierigkeiten (die übrigens in dem einleitenden Artikel von A. Haas stärker hätten betont werden sollen) bildeten die eigentliche Ursache, weshalb Gibbs es unternahm, eine statistische Mechanik auszuarbeiten, die von allen modellmäßigen Vorstellungen vollkommen frei ist. Das Gebäude, welches auf diese Weise entstand, war naturgemäß recht unanschaulich. Solange man noch im wesentlichen an der Gültigkeit der klassischen Punktmechanik für Atome und Molekeln festhielt, war die Notwendigkeit einer verhältnismäßig weitgehenden Abstraktion offenbar nicht für jeden Leser völlig überzeugend, zumal naturgemäß die wesentlichen Ergebnisse nur sehr allgemeiner Natur sein konnten. Ganz anders gestaltete sich aber das Bild, als sich herausstellte, daß die Punktmechanik für atomare Gebilde im Prinzip durch die Quantenmechanik zu ersetzen ist. Nunmehr bedurfte es auch einer neuen Statistik, die auf völlig anderer Grundlage als die klassische (Boltzmannsche) Statistik aufgebaut werden mußte. Jetzt zeigte sich, daß Gibbs tatsächlich den richtigen Weg gegangen war; denn es ergab sich, daß die Quantenstatistik ohne jede Härte ebenso als ein Spezialfall aus der Gibbsschen Statistik hervorgeht, wie die Boltzmannsche Statistik. Freilich ist zu betonen, daß man zur Gewinnung der praktisch verwendbaren Endformeln der Quantenstatistik keineswegs des gesamten Gedankengebäudes der Gibbsschen Statistik bedarf und auch bei ihrer erstmaligen Ableitung nicht einmal bedurft hat, da eben jetzt wieder konkretere Grundannahmen, wenn auch andere als früher, zur Verfügung stehen (Charakterisierung einer bestimmten „Phase" eines Systems durch eine ψ-Funktion). Zwar sind einige von Gibbs herrührende Grundbegriffe, z. B. der des Phasenraumes und der Phasenzelle, von ausschlaggebender Wichtigkeit; auf alle Fälle kann aber von einer wirklichen Notwendigkeit, daß sich jeder angehende Physiker *eingehend* mit der Gibbsschen Statistik beschäftigt, nicht mehr die Rede sein.

Der Vollständigkeit wegen sei noch erwähnt, daß sich in Bd. 2 noch folgende weiteren Artikel befinden, die aber für die Mehrzahl der Leser nur geringeres Interesse beanspruchen dürften:

Gibbs' Beiträge zur Theorie des Lichts (14 S., von Leigh Page); Gibbs' Beiträge zur Vektor-Analysis

und „multiplen" Algebra[1] (34 S., von E. B. Wilson); Kommentar zu den Gibbsschen Schriften über Dynamik (12 S., von A. Haas).

Die eingangs aufgeworfene Frage, wie es möglich sein könnte, das Gedankengut bedeutender Klassiker der exakten Naturwissenschaften der heutigen Generation lebendig zu gestalten, ist im wesentlichen bereits durch die voranstehenden Darlegungen beantwortet. Ein wirklich eingehendes Studium der Originalschriften, sei es mit, sei es ohne Kommentar, kommt heutzutage nur noch für die wenigsten ernsthaft in Frage. Da andererseits allein schon im Interesse der physikalischen Allgemeinbildung eine nicht allzu oberflächliche Kenntnis der Leistungen, wenigstens der hervorragendsten historischen Persönlichkeiten dieses Faches dringend notwendig erscheint, bleibt offenbar nichts übrig, als dieser Aufgabe im Rahmen des Hochschulunterrichts (vor allem in seminaristischen Übungen) einen angemessenen Zeitraum einzuräumen. Zur Vorbereitung auf eine derartige Unterrichtstätigkeit werden den einzelnen Hochschullehrern Bücher von der Art des vorliegenden Kommentars der Gibbsschen Schriften (insbesondere Bd. 2) stets von größtem Wert sein. A. Eucken.

[1] Der Ausdruck „multiple Algebra" rührt von Gibbs selbst her, doch beschränken sich seine eigenen hierauf bezüglichen Ausführungen auf Andeutungen, so daß sich der Verfasser des Artikels in dem Kommentar zu der Äußerung veranlaßt sieht: „Hätte er sich selbst dazu geäußert, was er sich unter multipler Algebra vorstellt, so wären wir besser im Bilde, was er eigentlich gemeint hat." — Übrigens liefert gerade dieser Punkt einen recht charakteristischen Beitrag zu der Frage, warum die Lektüre der Gibbsschen Schriften auch für Kenner des betreffenden Fachgebietes nicht immer ganz einfach ist.

Wissenschaftliche Tagung des Vereins der Freunde des Kaiser Wilhelm-Institutes für Silikatforschung am 14. Februar 1938.

Einige der Vortragenden berichten hier kurz über den Inhalt ihrer Vorträge:

W. Steger, Berlin: **Zur Bestimmung des Widerstandes keramischer Erzeugnisse gegen schroffen Temperaturwechsel.**

Die Bestimmung der Temperaturwechselbeständigkeit von feuerfesten Erzeugnissen ist in dem Normenblatt DIN 1068 festgelegt. Für die Prüfung feinkeramischer Erzeugnisse besteht noch kein genormtes Verfahren. Bei allen bisher benutzten Verfahren wird ein keramischer Körper erhitzt und in kaltem Wasser abgeschreckt.

Die schnelle Abkühlung im Wasser geht mit nicht meßbaren Verzögerungen vor sich, die auf dem Leidenfrost-Phänomen beruhen. Bei einem neuen Verfahren wird dieser Nachteil vermieden, indem die kalten Prüfkörper (Zylinder von 25 mm Durchmesser und 25 mm Höhe) in eine heiße Metallegierung eingetaucht und nach einer bestimmten Aufenthaltszeit in Kieselgur langsam gekühlt werden. Die Temperatur des Metallbades wird von Versuch zu Versuch um je 50° gesteigert. Das Maß der Temperaturwechselbeständigkeit ist diejenige Temperatur, bei welcher die Prüfkörper die ersten Risse bekommen. Nach diesem Verfahren wurden verschiedene feinkeramische Massen geprüft. Die geringste Temperaturwechselbeständigkeit (250°) besitzt Schmelzware und Kalksteingut, die größte (über 650°) Hartporzellan, Steinzeug-Sondermassen, gesinterte Sondermassen für Elektrowärmezwecke mit besonders kleiner Wärmeausdehnung, poröse Massen mit mehr als 40% Siliziumkarbid.

Wilhelm Büssem und Carl Schusterius, Berlin-Dahlem: **Über die Konstitution des Steatits.**

Die bisher in der Literatur über die Konstitution der Magnesiummetasilikate und des Steatits ausgesprochenen Ansichten sind widerspruchsvoll, insofern unter sonst gleichen Bedingungen die Bildung ganz verschiedener Modifikationen angenommen wurde. Dies beruht darauf, daß einerseits die angewendeten Prüfverfahren keine eindeutige Entscheidung zulassen und andererseits das Untersuchungsobjekt schon durch das Prüfverfahren selbst entscheidend verändert wurde, so daß die Ergebnisse zu falschen Schlußfolgerungen führen mußten.

Unter Berücksichtigung der obengenannten Fehlerquellen wurde ein röntgenographisches Prüfverfahren entwickelt, mit dessen Hilfe das instabile Magnesiummetasilikat, der Protoenstatit, als wichtigster Bestandteil gebrannter Talke und technischer Steatitmassen erkannt und zum erstenmal in reiner Form identifiziert wurde; seine Bildungsbedingungen und Umwandlungserscheinungen werden näher erläutert. Die Zerfallserscheinungen von Magnesiummetasilikat werden durch die spontane irreversible Umwandlung Protoenstatit—Klinoenstatit erklärt. Es werden die Faktoren besprochen, die eine Stabilisierung des Protoenstatits bewirken. Vor allem wird der Einfluß der Korngröße, der Glasphase und der mechanischen Spannungen hervorgehoben.

Die Stabilitätsfolge von Protoenstatit und Klinoenstatit wird kurz gestreift; die Vorstellungen über die Stabilitätsbeziehungen zwischen Klinoenstatit und Enstatit werden einer kritischen Durchsicht unterzogen.

W. Stegmaier, Berlin-Dahlem: **Untersuchungen am technischen Siliciumcarbid.**

Es ist eine bekannte Tatsache, daß das Siliciumcarbid aus den inneren Reaktionszonen im Carbidofen für feuerfeste Zwecke wie auch für Schleifscheibenherstellung besser ist als die Produkte aus den äußeren Zonen. Nach den bisher vertretenen Anschauungen sind die Verunreinigungen des minderwertigen Siliciumcarbids: Si, SiO_2, C, Siloxikon, Fe-, Al-, Ti- und Erdalkaliverbindungen (Carbide, Nitride, zum Teil auch freie Metalle). Besonders das Siloxikon wird für die nachteiligen Eigenschaften verantwortlich gemacht, da das Zumischen von Si oder C in mäßigen Mengen ein gutes SiC nicht merklich verschlechtert. Die Versuche zeigten, daß ein Körper mit den angeblichen Eigenschaften des Siloxikons weder chemisch noch physikalisch zu isolieren, auch röntgenographisch, selbst in angereicherten Fraktionen der spezifisch leichteren Anteile, nicht nachzuweisen war. Bei der im Schrifttum angegebenen Zusammensetzung von Si_2C_2O bis Si_7C_7O für Siloxikon handelt es sich offenbar um sehr innige Gemische von SiC mit SiO_2 (wahrscheinlich auch mit Si und C), die sich bei den hohen Temperaturen und den vorhandenen Gasphasen gebildet haben.

W. Eitel, Berlin-Dahlem: **Über das System $CaO—CaF_2—Ca_2SiO_4$.**

Die Schmelzgleichgewichte des Systems $CaO—CaF_2—Ca_2SiO_4$ wurden nach der dynamischen Methode durch Aufnahme von Erhitzungs- und Abkühlungskurven untersucht. Das sich ergebende Zustands-

diagramm enthält als ternäre invariante Punkte ein Eutektikum mit CaO, CaF_2 und β—Ca_2SiO_4 als Kristallphasen bei 1230°, ferner einen aufsteigenden Gabelpunkt bei 1250° für die Umsetzung $CaO + Ca_2SiO_4 \rightleftarrows Ca_3SiO_5$ + Schmelze, entsprechend der unteren Existenzgrenze von Ca_3SiO_5. Die obere Grenze des schmalen Feldes der Primärkristallisation von Ca_3SiO_5 liegt bei 1900°. Der Schnitt Ca_3SiO_5—CaF_2 ist auf seiner ganzen Länge inkongruent; die Feldergrenze CaO/Ca_3SiO_5 ist ebenfalls inkongruent. Die Ungleichgewichte, welche sich durch Umhüllung von CaO-Relikten bei der Resorption ergeben, sowie die eigenartige Umhüllung der Ca_3SiO_5-Kristalle durch spätere β—Ca_2SiO_4-Ausscheidung erklären das mikroskopische Bild der Dünnschliffe aus den stark basischen Schmelzen.

Die mikroskopischen Kennzeichen des Ca_3SiO_5 aus den fluoridhaltigen Schmelzen unterscheiden dieses vom Alit der Klinker durch eine pseudohexagonale, polysynthetische Zwillingslamellierung; durch Aufnahme von geringen Mengen Tricalciumaluminat in fester Lösung erhält das Ca_3SiO_5 alsdann alle Kennzeichen des Klinker-Alits.

W. Eitel: **Untersuchungen zur Fluoreszenz von Gläsern.** (Nach Untersuchungen von W. Weyl.)

Im Anschluß an eine Untersuchung von W. Weyl und E. Thuemen über die Zusammenhänge zwischen Absorption und Konstitution der Gläser interessiert die Frage, ob entsprechende Gesetzmäßigkeiten auch bezüglich der Photolumineszenz sich ergeben können. Der Grund dafür, daß solche Erscheinungen nicht häufiger bei Gläsern beobachtet werden, ist in der starken Störwirkung zu suchen, welche die Silikatkomplexe in der „festen Lösung" des Glases auf die Ionen und Atome ausüben. Nur in den wenigen Fällen, in denen vermöge des Baues eines Atoms bzw. Ions eine solche Störwirkung von außen abgeschirmt wird, kann eine Fluoreszenz von *Kationen* in Gläsern stattfinden, so bei uranylhaltigen Gläsern oder solchen mit seltenen Erden, Mn, V usw.

Speziell bei den Uranylgläsern ist die allerdings nur im Phosphoroskop wahrnehmbare Erscheinung des *Nachleuchtens* in bezug auf die Dauer dieses Effektes ausgesprochen abhängig von der Glaszusammensetzung: je viskoser das Glas ist (z. B. je SiO_2-reicher), desto länger die Phosphoreszenz. Diese Regel kann durch Modellversuche mit *organischen Gläsern* vom Polymerisationstypus ausgezeichnet geprüft werden; gibt man diesen als Indikator einen fluoreszenzfähigen Farbstoff zu, so ändert sich mit zunehmendem Polymerisationsgrad nicht nur die Farbe des Fluoreszenzlichtes nach kürzeren Wellenlängen, sondern es tritt bei hoher Kondensation sekundenlanges starkes Nachleuchten ein. Mit diesem Modellversuch ist gleichzeitig sehr wahrscheinlich gemacht, daß zur Photolumineszenz in Gläsern durchaus nicht die Bildung von Kristallkeimen erforderlich ist.

Eine andersartige Gruppe photolumineszierender Gläser enthält als Erregungszentren *atomar* verteilte Elemente. Hierher gehört die Erscheinung, daß Silbergläser bei Reduktion mit Wasserstoff atomares Silber enthalten, das starke Fluoreszenz hervorruft. Die Farbe dieser Lumineszenz wird bei fortschreitender Aggregation zu gröberen, schließlich kolloiden Silberteilchen stetig nach längeren Wellenlängen verschoben. Diese Erscheinung ist ganz allgemein auch bei *Adsorbaten* analog zu beobachten; Silber, wie es durch Adsorption z. B. an Tonerde und darauffolgende Reduktion mit Wasserstoff in atomarer Form erhalten wird, ist gleichfalls fluoreszenzfähig. Silbergläser der obengenannten Art sind in ihrer Photolumineszenz bedingt durch die chemische Zusammensetzung des Grundglases. Je niedriger seine Viskosität bei bestimmter Temperatur ist, desto rascher verliert es seine Fluoreszenzfähigkeit durch den Fortschritt der Aggregation der Atome zu nicht mehr fluoreszierenden Kolloidteilchen. Entsprechende Erscheinungen beobachtet man auch beim Anlaufvorgang des Kupferrubinglases, in welchem nur die ersten, noch keine Färbung des Glases verursachenden atomaren Kupferkeime Lumineszenz zeigen, oder das CdS-Glas, das ebenfalls beim Anlaufen diese verliert. Bei letzteren ist der Einfluß der Wärmebehandlung auf das Fluoreszenzvermögen besonders ausgesprochen.

Kurze Originalmitteilungen.

Für die kurzen Originalmitteilungen ist ausschließlich der Verfasser verantwortlich.

Zur Frage der Primärvorgänge bei der Strahlenschädigung.

P. Jordan[1] ist in einer soeben erschienenen Arbeit zu weitgehenden Schlußfolgerungen über den Zusammenhang der Strahlenschädigung von Bakterien mit den Vorgängen bei der Gen-Mutation gelangt. Bei experimentellen Untersuchungen, die wir an anderen Objekten durchgeführt haben bzw. zur Zeit durchführen, sind wir genau zu dem gleichen Ergebnis gekommen.

Wie bereits mitgeteilt[2], ergibt sich eine einfache, für alle Wellenlängen und biologischen Strahlenreaktionen gültige Deutung der Schädigungskurven, wenn man als Treffer einen wirksamen Glockerschen Elektronendurchgang definiert. Ein Elektronendurchgang ist dabei als wirksam anzusehen, wenn er mindestens eine der für die Entstehung der Wirkung notwendigen Zentrenanregungen hervorruft. Auf die Zahl der Zentrenanregungen, die insgesamt notwendig sind, kann (wenn man sich nicht mit der Angabe oberer oder unterer Grenzwerte begnügen will) nur aus Versuchen mit sichtbarem oder ultraviolettem Licht geschlossen werden. Versuche, die wir deshalb angestellt haben, zeigen bisher in allen untersuchten Fällen, daß die Form der Lichtkurven genau oder nahezu übereinstimmt mit der Form der Röntgenkurven. Mithin ist in diesen Fällen die Zahl der notwendigen Zentrenanregungen z gleich der Trefferzahl, die sich aus den Röntgenkurven ergibt, und die Glockersche Mindestenergie entspricht der Anregungsenergie eines einzigen Zentrums. Dies konnten wir bisher nachweisen für Algen ($z = 2$, Quarzlampe), für Axolotleier ($z = 1$, Quarzlampe) und für 3 Stunden alte Drosophila-Eier ($z \sim 2$, Quarzlampe). Diese geringen Zentrenzahlen zeigen, daß anscheinend in sehr vielen Fällen die Schädigung nur mit einer Verstärkertheorie zu deuten ist. Außerdem geht daraus hervor, daß nicht nur Einzeller durch an richtiger Stelle erfolgte Absorption einer sehr geringen Anzahl von Lichtquanten getötet werden, sondern auch weitgehend differenzierte Vielzeller. Die Auffassung, daß der Primärvorgang der Strahlenwirkung tatsächlich im Gen erfolgt, wird unseres Erachtens besonders durch den Vergleich der Wellenlängenabhängigkeit von Mutationsrate und Schädigungsrate bei Drosophila gestützt. Beide Raten zeigen nach den bisherigen Untersuchungen bei Variation der Wellenlänge das gleiche Verhalten.

Bestrahlt man verschiedene Altersklassen von Drosophila-Eiern, so ergeben sich für die Trefferzahl als Funktion des Alters Maxima und Minima (dabei nimmt die Halbwertsdosis ab). Dieses Verhalten hängt sehr wahrscheinlich mit bestimmten entwicklungsgeschichtlichen Vorgängen im Ei ab. Untersuchungen dieser Altersabhängigkeit mit Licht verschiedener Wellenlänge lassen es möglich erscheinen, spektral selektive Absorptionsgebiete der für die verschie-

[1] P. Jordan, Radiologica 2, 16 (1938).
[2] Naturwiss. 1938, H. 10 — Z. f. Physik (im Druck).

denen Entwicklungsstadien in Frage kommenden Zentren festzustellen.

Die Versuche werden fortgeführt und später ausführlich in der „Radiologica" veröffentlicht.

Freiburg i. Br., Radiologisches Institut der Universität, den 23. März 1938.

H. Langendorff. K. Sommermeyer.

Über die Bedingungen der Stabilität der Cozymase im Apozymasesystem.

In früheren Arbeiten[1] ist angegeben worden, daß im System Apozymase + Cozymase + Glucose + Hexosediphosphorsäure + Pyocyanin + Phosphat + Fluorid eine Inaktivierung der Cozymase stattfindet. Die durch Pyocyanin vermittelte Sauerstoffaufnahme ist ein Maß der Menge aktiver Cozymase. In demselben System ohne Fluorid (Gärungssystem) tritt keine Inaktivierung der Cozymase ein. Diese Tatsachen wurden damals mit der Annahme zu erklären versucht, daß die Cozymase als ein Phosphatüberträger fungiert. Eine Hemmung der Phosphorylierung der Cozymase durch Fluorid würde zu einer Inaktivierung der Cozymase führen. Seit dieser Zeit ist die Frage betreffs der Rolle der Cozymase als Phosphatüberträger vielfach diskutiert worden. Führende Forscher auf diesem Gebiete (von Euler und Mitarbeiter) verhalten sich nunmehr ablehnend zu der Annahme einer phosphatübertragenden Wirksamkeit der Cozymase. Neuerdings legen Ostern, Baranowsky und Terszakowec[2] eine allerdings nicht weitgehend gestützte Hypothese vor, nach der das Cozymasemolekül in Adenosindiphosphorsäure und Dihydropyridinnukleotid zerfällt. Ersteres Zerfallsprodukt würde zu Adenosin dephosphoryliert werden, die nach Aufnahme eines Phosphatmoleküls sich mit Pyridinnukleotid wieder vereint. Die endgültige Entscheidung über diese interessante Hypothese muß durch präparative Arbeiten erfolgen. Es scheint mir aber, daß die vorgelegte Hypothese meine früheren sowohl wie eine Reihe von neuen experimentellen Ergebnissen verständlich macht.

Wenn Apozymase und Cozymase bei 25° geschüttelt werden, tritt eine Inaktivierung der Cozymase ein. Der Grad der Aktivität der Cozymase wird durch Messung der Sauerstoffaufnahme durch nachträgliches Einkippen von Glucose + Hexosediphosphorsäure + Pyocyanin + Phosphat + Fluorid bestimmt. Fluorid hat keinen Einfluß auf die Inaktivierungsgeschwindigkeit. Anorganisches Phosphat, Hexosediphosphorsäure, Muskeladenylsäure, Adenosintriphosphorsäure und Oxalat verhindern die Inaktivierung der Cozymase in Anwesenheit von Apozymase. Zusatz von Glucose, Hexosemonophosphorsäure, Phosphoglycerinsäure oder Hefeadenylsäure beeinflußt nicht die Aktivität der Cozymase. Vorbehandlung mit Phosphat oder Hexosediphosphorsäure aktivieren sogar die Cozymase. Die Sauerstoffaufnahme (nach Einkippen von Substrat + Pyocyanin + Fluorid) wird stärker, als wenn die Stoffe gleichzeitig gemischt werden.

Zusatz von Fluorid oder Glucose hebt die schützende Wirkung des Phosphats und der Hexosediphosphorsäure auf. Die Glucose wirkt wahrscheinlich als ein Phosphatacceptor. Die schützende Wirkung von Muskeladenylsäure wird von Fluorid und Glucose nicht beeinflußt.

Aus der Tatsache, daß Oxalat die Cozymase gegen Inaktivierung schützt, folgt, daß bei Gärung die Dephosphorylierung des Phosphatüberträgers und nicht die der Phosphobrenztraubensäure durch Oxalat gehemmt ist. Nach Zusatz von Oxalat verschwindet auch die obenerwähnte befördernde Wirkung auf die Inaktivierung der Cozymase durch Glucose, wenn Apozymase mit Hexosediphosphorsäure und Glucose geschüttelt wird.

Hexosemonophosphorsäure allein hat keinen Einfluß auf die Stabilität der Cozymase. Wenn indessen Apozymase und Cozymase mit Hexosemonophosphorsäure und einer Phosphatmenge geschüttelt wird, die an und für sich zu gering ist, die Cozymase in aktivem Zustand zu erhalten, wird die Inaktivierung der Cozymase verhindert. Die Hexosemonophosphorsäure wird zu Hexosediphosphorsäure phosphoryliert, die die Cozymase zu schützen vermag.

Elektrolyte, wie NaCl, Na_2SO_4, Na_2HAsO_4 und KCl, haben nur einen geringen Einfluß auf die Inaktivierung der Cozymase.

Aus den geschilderten Tatsachen geht hervor, daß sowohl Phosphatübertragung als Dismutationsprozesse notwendig sind, um die Cozymase in aktivem Zustand zu erhalten. Es scheint wahrscheinlich, daß eine Phosphorylierung und Dephosphorylierung mit der Oxydation und Reduktion des Cozymasemoleküls Hand in Hand geht. Die Hypothese von Ostern und Mitarbeitern gibt, wie schon hervorgehoben, unzweifelhaft eine Möglichkeit, sich vorzustellen, wie eine solche Verknüpfung zustande kommt. Eine zu weitgehende Dephosphorylierung des phosphorylierten Bruchstücks der Cozymase bzw. eine Verhinderung der Rephosphorylierung desselben würde zu einer Inaktivierung führen können. Soviel kann sicher ausgesagt werden, daß jede Theorie über den Wirkungsmechanismus der Cozymase auf die für die Erhaltung der Aktivität bzw. für die Inaktivierung der Cozymase maßgebenden Verhältnisse Rücksicht nehmen muß.

Stockholm, Experimental-Zoologische Abteilung des Zootomischen Instituts der Universität, den 31. März 1938.

Åke Lennerstrand.

[1] Å. Lennerstrand, Sv. Vet. Ak. Arkiv f. Bot. **28** B, Nr 3, 1 (1936) — Naturwiss. **24**, 462 (1936) — Biochem. Z. **287**, 172 (1936); **289**, 104 (1936).

[2] P. Ostern, T. Baranowsky u. J. Terszakoweć, Hoppe-Seylers Z. **251**, 258 (1938).

Koferment der d-Alanin-Dehydrase.

Das in der Überschrift genannte Koferment, das eine Flavin-Adeninverbindung ist[1], haben wir weiter gereinigt. Die Analyse unseres reinsten Präparats stimmt nunmehr nahezu auf das Bariumsalz des Flavin-Adenin-Di-Nukleotids:

	Berechnet %	Gefunden %
Phosphor	6,74	6,56
Stickstoff	13,70	13,82
Luminoflavin . . .	27,8	24,8

Durch Vereinigung dieses Di-Nukleotids mit verschiedenen spezifischen Proteinen entstehen gelbe Fermente, die viel reaktionsfähiger sind und andere physiologische Funktionen haben als das vor 6 Jahren von uns in Hefe entdeckte „alte" gelbe Ferment.

Berlin-Dahlem, Kaiser Wilhelm-Institut für Zellphysiologie, den 4. April 1938.

Otto Warburg. Walter Christian.

Glykogen-Angriff im Kaninchen-Muskel und im Sarkom von Ratten.

Gealterte, lange dialysierte Muskelextrakte sind bekanntlich nicht imstande, Glykose zu phosphorylieren. Auch nach Ergänzung mit bekannten Hilfsstoffen (Triosephosphat, Mg, Cozymase usw.) erfolgt keine Glykosephosphorylierung. Fügt man aber einem Reaktionsgemisch, das aus Glykose, Hexosediphosphat, Acetaldehyd, Magnesium, Cozymase und Muskelextrakt besteht, dialysierte Co_2-Fällung aus Hefensaft hinzu, so erfolgt eine kräftige Veresterung zugesetzter Phosphorsäure[2].

Die Nutzbarmachung des Glykogens, des zellvertrauten Glykosespeichers tierischer und gewisser pflanzlicher Zellen, soll demgegenüber an einen anderen Reaktionsmechanismus und an andere Reaktionsteilnehmer gebunden sein. Insbesondere soll die Glykogenphosphorylierung zum Unterschied von der Glykosephosphorylierung ohne Co-Ferment vor sich gehen[3].

Wie wir gefunden haben, wird gewissen Muskelextrakten, die für sich allein im Thunberg-System in Gegenwart von Co I, Co II, Flavinenzym, Mg, Mn und PO_4 Glykogen als Wasserstoffdonator für Methylenblau nicht zu verwerten vermögen, diese Fähigkeit verliehen durch CO_2-Fällung aus Hefensaft, die für sich allein unwirksam ist. Eine solche CO_2-Fällung enthält bekanntlich Robisonesterdehydrase.

[1] Naturwiss. **26**, 201 (1938).

[2] Schäffner, Bauer u. Berl, Hoppe-Seylers Z. **232**, 213 (1935).

[3] Ostern, Guthke u. Terszakowo, Hoppe-Seylers Z. **243**, 9 (1936). — Vgl. auch Schäffner u. Specht, Hoppe-Seylers Z. **251**, 144 (1937).

Muskelversuch. Thunberg-Ansatz: Gesamtvolumen 2,75 ccm enthaltend: Veronalazetat HCl entsprechend 0,5 ccm Veronalstammlösung nach MICHAELIS, 0,1 ccm $^m/_{25}$ $Mg/MnSO_4$, 25 γ Co I, 20 γ Co II, 0,25 ccm $^m/_{125}$ PO_4, Flavinenzym, 0,15 ccm Muskelextrakt (Kaninchenmuskel 1:$^1/_2$ Wasser, nach 2 Stunden abfiltriert, mehrere Wochen unter Toluol im Eisschrank, vor Gebrauch 48 Stunden gegen fließendes Leitungswasser dialysiert, vom Niederschlag abgetrennt). 0,30 ccm CO_2-Fällung aus Lebedewsaft (Unterhefe autolytisch getrocknet, 1:3 bei 30° 2 Stunden mazeriert, 50fach verdünnter Mazerationssaft unter Eiskühlung mit CO_2 gefällt, Niederschlag mit 50 ccm Wasser aufgenommen und 48 Stunden gegen fließendes Leitungswasser dialysiert. Toluol, Eisschrank. Vor Gebrauch von der Fällung abgetrennt. Dialyse durch Cellophan). 0,25 ccm Methylenblau 1:2500, p_H 7,0, 30°.

Muskelextrakt allein	> 960 Min.
CO_2-Fällung allein	> 960 „
Muskelextrakt + CO_2-Fällung	20 „
Muskelextrakt + CO_2-Fällung ohne Glykogen	> 300 „

Der Methylenblauentfärbung (N_2-Strom) geht eine kräftige Phosphorylierung voraus. Läßt man Co I, Co II, Flavinenzym und Methylenblau weg, so erfolgt keine Phosphorylierung.

Ansatz: Gesamtvolumen 3,45 ccm enthaltend 0,5 ccm Veronalazetatstammlösung, 4 mg dialysiertes Glykogen, Flavinenzym, 0,15 ccm Muskelextrakt, 0,3 ccm CO_2-Fällung wie oben, 1,25 mg Co I, 0,100 mg Co II, 0,1 ccm $^m/_{50}$ $Mg/MnSO_4$, PO_4, 0,50 ccm Methylenblau 1:500; p_H 7,0; 30°. In die Reaktionsmischung wird gewaschener Stickstoff (Pyrogallol) eingeleitet. Zahlen bedeuten γ P in 0,5 ccm Reaktionsmischung.

	0 Min.	300 Min.	Δ 300
Kompletter Ansatz	43,0	31,2	−11,8
Ohne Co I, Co II, MBl., Flavin	36,4	38,2	+ 2,2

An anderer Stelle[1] haben wir mitgeteilt, daß im Thunberg-System Extrakte aus Jensen-Sarkomen Glykogen zum Unterschied von Glykose als Wasserstoffdonator für Methylenblau verwerten können. Bereits vorher wurde gefunden, daß unter analogen Versuchsbedingungen Robisonester energisch dehydriert wird. Es lag daher nahe, zu vermuten, daß Glykogen über eine Phosphorylierung verwertet wird, zumal auch andere Versuche, die noch nicht veröffentlicht sind, eine starke Abhängigkeit der Methylenblauentfärbung von der Phosphatkonzentration zeigten. Daß Sarkomextrakte in Gegenwart von Glykogen Phosphatschwund bewirken können, ist l. c. experimentell bereits belegt.

[1] EULER u. BAUER, Sv. Vet. Akad. Ark. f. Kemi **12** B, Nr 52 (1938).

Ähnlich wie Muskel in obigem Versuch verhält sich in einem analogen Versuch Sarkomextrakt. Ergänzt man an und für sich aktive Sarkomextrakte mit CO_2-Fällung aus Hefenextrakt (Lebedewsaft), so erfolgt eine deutliche Verkürzung der Entfärbungszeit.

Sarkomversuch. Darstellung des Sarkomextraktes: 1 Teil Sarkom, 3 Teile $^1/_5$ mol. Phosphatpuffer, $p_H = 7$, Mörser, $^1/_2$ Stunde bei 0° abzentrifugiert, 20 Teile Leitungswasser. Versuchsbedingungen wie vorher.

Sarkomextrakt allein ohne Glykogen	> 240 Min.
Sarkomextrakt allein mit Glykogen	180 „
Sarkomextrakt + CO_2-Fällung ohne Glykogen	34 „
Sarkomextrakt + CO_2-Fällung mit Glykogen	15 „
CO_2-Fällung mit Glykogen, allein	> 300 „

Die relativ starke Wirkung von Eigensubstraten (Selbstentfärbung) würde sich am einfachsten so erklären lassen:

Die relativ schnelle Mb-Entfärbung im Parallelversuch ohne Glykogenzusatz muß wohl auf ein im Sarkomextrakt enthaltenes, schwerdialysierbares Substrat zurückgeführt werden. Glykogen soll nach einer Angabe von EDLBACHER[1] in Jensen-Sarkomen nicht enthalten sein. Auf die Glykogenphosphorylierung kommen wir demnächst zurück.

Stockholm, Biochemisches Institut der Universität, den 5. April 1938. HANS v. EULER. ERWIN BAUER.

Die Raumgruppe des Kryoliths Na_3AlF_6.

Auf der 14. Jahresversammlung der Deutschen Mineralogischen Gesellschaft (1928) berichtete ich über die Kristallstruktur des Kryoliths[2]. Die Strukturbestimmung führte zu dem Ergebnis, daß der Kryolith aus AlF_6-Oktaedern aufgebaut ist, die durch Na-Atome miteinander verbunden werden. Auf Grund der damaligen Auslöschungstabellen gab ich als Raumgruppe C^1_{2h} oder C^2_{2h} an. Die weitere Rechnung zeigte jedoch, daß die Struktur der Raumgruppe C^5_{2h} mit der Gleitrichtung parallel $a + c$ oder [101] zuzuordnen ist; es ist dies die Raumgruppe $P2_1/n$ der inzwischen neu berechneten Internationalen Strukturtabellen.

Von den 2 Na_3AlF_6 der Elementarzelle befinden sich die Al- und zwei Na-Atome in den angegebenen Punktlagen [000], [$\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}$] und [00$\frac{1}{2}$], [$\frac{1}{2}, \frac{1}{2}$, 0], die übrigen Na-Atome sowie alle F-Atome in 4-zähligen Punktlagen mit drei Freiheitsgraden $\pm([m, n, p], [\frac{1}{2}+m, \frac{1}{2}-n, \frac{1}{2}+p])$. Die Anordnung der Atome in der Elementarzelle weicht nicht wesentlich von der bereits mitgeteilten ab.

Berlin-Dahlem, Kaiser Wilhelm-Institut für Physik, den 7. April 1938. G. MENZER.

[1] EDLBACHER, Lehrbuch der physiologischen Chemie, 4. Aufl., S. 208. Berlin: Julius Springer 1937.

[2] Zbl. Min. A **1928**, 378—379 — Fortschr. d. Min. **13**, 56—57 (1929).

Besprechungen.

Discovery Reports. Vol. XV. Cambridge: University Press 1937. VI, 284 S. 23 cm × 32 cm. Preis £ 2.15.0 net.

Der Band bringt 4 Hefte, davon 2 mit ozeanischen Arbeiten von G. E. R. DEACON, welche die in Band VII, worüber schon berichtet wurde, ergänzen. Die erste in Heft 1 (S. 1—124, Tafeln 1—44) ist eine zusammenfassende Hydrologie der südlichen Ozeane. Sie unterscheidet an der Oberfläche bis nördlich von 30° s. Br. antarktisches, subantarktisches und subtropisches Wasser und zwischen den beiden ersten die antarktische, den beiden letzteren die subtropische Konvergenz. Das antarktische Wasser sinkt, wie bekannt, zum antarktischen Zwischenstrom ab; das dann über ihm liegende subantarktische Wasser ist ein Mischwasser zwischen jenem und dem subtropischen. Unter jenem liegt der warme Tiefenstrom und unter ihm der kalte Bodenstrom. Ersterer steigt an der antarktischen Konvergenz steil nach Süden an, während letzterer unter ihm ebenso steil nach Norden absinkt. Diese Bewegungen der beiden Tiefenwasser bedingen nach DEACON die Lage der antarktischen Konvergenz an der Oberfläche, während die der subtropischen durch die sich entgegen bewegenden subantarktischen und subtropischen Oberflächenwasser bedingt wäre. Die subtropische Konvergenz liegt nicht an der Grenze zwischen der Westwind- und der Passatdrift, sondern innerhalb jener. Das antarktische Wasser strömt an der Oberfläche südlich von etwa 65° s. Br. nach West und nördlich davon nach Ost, doch ist die Grenze zwischen beiden Richtungen schwankend und noch wenig bestimmt. Das subantarktische Wasser gehört ganz zur Westwinddrift und das subtropische noch mit seiner südlichen Zone.

Auftreten, Gliederungen, Eigenschaften und Bewegungen aller dieser Wasserarten werden in sehr genauer Weise verfolgt. Manches ist unsicher, über manches kann man anders denken, doch die Begründungen

sind immer interessant und als Grundlage für die weitere Forschung geeignet. Wenn jedoch das Bodenwasser aller drei Ozeane der Hauptsache nach aus dem Weddellmeer hergeleitet wird, so muß dem widersprochen werden. Das ist quantitativ nicht möglich, von DEACON auch nicht begründet; dazu besteht nach den thermischen Feststellungen der Gauß-Expedition kein Zweifel, daß es im Indischen Ozean vom dortigen Kontinentalschelf herkommt. DEACONS Bodenwasserkarte (Tafel 44) läßt sich ebenfalls weit eher in letzterem Sinne deuten, als für die Herkunft aus dem Weddellmeer. Verschiedentlich setzt DEACON die antarktische Zone mit der Ausbreitung des antarktischen Wassers an der Oberfläche gleich und begrenzt sie im Norden mit der antarktischen Konvergenz. Darnach fiele die subantarktische Zone mit dem nur etwa 8° breiten Streifen zwischen den beiden Konvergenzen zusammen. Dieses ist nicht konsequent, zumal die letztere als Mischwasserzone charakterisiert wird. Denn zwischen der antarktischen Konvergenz und dem Schelfrand liegen nicht nur drei verschiedene Wasserarten, sondern ebenfalls viel Mischwasser. Also wird man die antarktische Zone nach Norden nur bis zum Schelfrand rechnen dürfen, wie Referent auch aus anderen Gründen oft angeben mußte. In Heft 2 (S. 125—152) führt DEACON ebenso interessant wie wohlbegründet aus, daß die Theorie von BJERKNES über die ozeanische Zirkulation sich mit den in den südlichen Meeren beobachteten Bewegungen nicht vereinigen läßt. — Heft 3 von A. W. B. POWELL (S. 153—222, Tafeln 45—56) beschreibt neue Arten mariner Mollusken aus der Neuseelandregion, die 1932 von Discovery II gedredscht sind. Darunter wurden 6 neue Gattungen und 128 neue Arten gefunden, dazu 7 weitere Gattungen, die vorher nicht von Neuseeland bekannt waren. — Heft 4 von ALEC H. LAURIE (S. 223—284) faßt sehr eindrucksvoll die Ergebnisse zusammen, die über das Alter der weiblichen Blauwale und die Wirkung des jetzigen Walfangs auf die Walbestände festgestellt wurden. Die Arbeit ist eine ebenso wichtige, wie ernste Unterlage für die kommenden Walkonferenzen der Nationen.

ERICH V. DRYGALSKI, München.

Discovery Reports. Vol. XVI. Cambridge: University Press 1937. VI, 446 S. und XIV Tafeln. 23 cm × 31 cm. Preis £ 3.3.0 net.

Der Band enthält 4 Hefte biologischen Inhalts, doch wie die früheren mit Bezugnahme auf die ozeanischen Verhältnisse, besonders die Meeresströmungen. Das erste Heft von I. R. NORMAN (S. 1—150, Tafeln I—V) behandelt die Küstenfische aus dem Patagonischen Gebiet vom Feuerland nordwärts im Westen bis Chile und im Osten bis etwa 42° s. Br., dazu das Gebiet der Falklands und der Burdwood-Bank. Es werden 84 Arten, darunter 14 neue, besprochen. Von dem Gebiet sind nun im ganzen 128 Arten bekannt, die sich in argentinisch-chilenische, kosmopolitische beider Hemisphären und subantarktisch-antarktische ordnen lassen. Tiefer lebende Arten können sich durch die Tropen hindurch leichter austauschen, als die aus flacherem Wasser. — Das zweite Heft von N. INGRAM HENDEY (S. 151—364, Tafeln VI—XIII) behandelt das Diatomeenplankton der südlichen Meere. Die Klassifikation von SCHÜTT in Centricae und Pennatae bzw. HEIDEN-KOLBE in Radiale und Bilaterale wird durch Unterscheidung von 10 Untergruppen erweitert. Die bekannten Diatomeenwucherungen im Frühjahr im Eise werden durch dessen Aufgehen und die damit verbundene Zufuhr von Nährsalzen zum Meerwasser erklärt, besonders von Phosphaten und Nitraten. Nördlich von 44° s. Br. wird der Diatomeenreichtum durch den an Crustaceen, Dinoflagellaten und Ciliaten abgelöst, die wärmeres, auch salz- und *pH*-reicheres Wasser brauchen, als die Diatomeen. Warmwasserdiatomeen haben der Kugelform, die des Kaltwassers mehr der Würfelform zustrebende Gestalten; erstere haben dünne, letztere stärkere Wandungen. — In Heft 3 bespricht N. A. MACKINTOSH (S. 365—412) den jahreszeitlichen Kreislauf des antarktischen Makroplanktons. Dieses treibt mit den Strömungen, vollzieht aber auch vertikale Eigenbewegungen durch aktives Schwimmen oder durch Änderung seines spezifischen Gewichts. Diese hängen mit der Beleuchtung zusammen bzw. deren Wechsel in der Tages- und Jahresperiode. Diese Vertikalbewegung führt von Oberflächen- zu Tiefenströmen und zurück, mit denen dann nordwärts bzw. südwärts gerichtete Horizontalbewegungen erfolgen. So entsteht ein Kreislauf, dessen Weite von den Wegen der Strömungen in den Jahresperioden abhängt und die Verbreitungsbezirke mancher Formen bestimmt. Aus diesen interessanten Feststellungen dürfte man auch zu solchen über Richtung und Stärke der Strömungen kommen können. — Das 4. Heft von T. JOHN HART (S. 413—446) behandelt Rhizosolenia curvata Zacharias, an indicator species in the southern ocean. Diese subantarktische Diatomee hat ihre Verbreitung nahe der antarktischen Konvergenz, doch südlich von dieser nur, wo sich das subantarktische Wasser nach Süden in das antarktische schiebt. Sie kann deshalb als Leitform für Mischwasser und für Schwankungen in der Lage jener Konvergenz betrachtet werden.

ERICH V. DRYGALSKI, München.

Fortschritte der Paläontologie. Unter Mitarbeit zahlreicher Fachgenossen herausgegeben von O. H. SCHINDEWOLF. 1. Bd. Bericht über die Jahre 1935 bis 1936. Berlin: Gebr. Borntraeger 1937. VIII, 374 S. und 2 Abbild. 16 cm × 25 cm. Preis broch. RM 29.60.

Es kommt sicher selten vor, daß ein Buch in so hohem Grade einem dringenden Bedürfnis entgegenkommt, wie es mit „Fortschritte der Paläontologie" der Fall ist. In unserer Zeit, wo die Spezialisation immer mehr und mehr um sich greift, kann man gar zu leicht den Kontakt mit den Fortschritten auf den anderen Gebieten seiner Wissenschaft verlieren; es ist ja ganz unmöglich, die unendliche Menge von neuerscheinenden Arbeiten sogar nur durchzusehen. „Fortschritte der Paläontologie" gibt auf diese Weise gerade das, was man schon jahrelang gewünscht und erwartet hat: Übersichten der *letzten* Arbeiten auf den verschiedenen Gebieten der Paläontologie, von Spezialisten geschrieben. Man bekommt also eine kritische Übersicht der neuen Entdeckungen auf allen Gebieten und wird gleichzeitig in die am meisten aktuellen und brennenden Fragen der Forschung eingeführt. Außerdem enthält das Buch nach jedem Artikel eine Angabe der neuesten Literatur (für die Jahre 1935—1936). Wie bekannt, sind immer gerade die zuletzt erschienenen Arbeiten am schwersten zu finden.

Die verschiedenen Verfasser haben — selbstverständlich — ihre Abschnitte ein wenig verschieden behandelt: einige haben hauptsächlich nur eine Arbeit nach der anderen referiert, andere haben die Probleme der Forschung in den Vordergrund gezogen. Im großen und ganzen sind alle Teile gut gelungen. Ich möchte jedoch gern einzelne Kapitel als besonders wertvolle hervorheben.

So ist der Aufsatz von SCHINDEWOLF über „Allgemeine Stammesgeschichte und Abstammungslehre" ganz besonders hervorragend und gibt viel mehr als nur ein Referat der erschienenen Arbeiten. Dasselbe gilt auch von EDINGERS Übersichten, besonders von „Allgemeines" über die Wirbeltiere. Auch WEINERTS

„Hominidae" ist sehr interessant. Man könnte noch eine lange Reihe von anderen Absätzen nennen, ich will jedoch zum Schluß nur noch MUIR-WOODS Abschnitt über „Brachiopoden" erwähnen, als ein schönes Beispiel dafür, wie man kurz und doch vollständig eine Übersicht geben kann. Verf. hat nur 5 Seiten Referat geliefert, und doch eine klare und ausführliche Übersicht über beinahe 130 Arbeiten gegeben!

„Fortschritte der Paläontologie" ist ein ganz unentbehrliches Buch nicht allein für alle Paläontologen, die die Entwicklung ihrer Wissenschaft nicht nur auf ihrem eigenen speziellen Gebiete verfolgen wollen, sondern auch für alle Stratigraphen, Zoologen und Botaniker, die die Resultate der paläontologischen Forschung kennenlernen wollen. Man muß Professor SCHINDEWOLF sehr dankbar sein, daß er die Initiative für solch eine schwierige, aber dringend notwendige Arbeit auf sich genommen hat und daß er dieselbe auf eine so ausgezeichnete Weise gelöst hat.

A. HEINTZ, Oslo.

Wörterbuch der deutschen Pflanzennamen, mit Unterstützung der Preußischen Akademie der Wissenschaften bearbeitet von H. MARZELL unter Mitwirkung von W. WISSMANN. Lieferung 1: Abelia — Agrimonia. Leipzig: S. Hirzel 1937. X, 143 S. und 26 Abbild. 21 cm × 29 cm. Preis je Lfg. RM 5.—.

Während die Engländer in dem Werk von BRITTEN and HOLLAND, die Franzosen in dem von ROLLAND und die Italiener in dem von PENZIG gute Wörterbücher der volkstümlichen Pflanzennamen besitzen, fehlte für die deutsche Sprache bisher ein einigermaßen gleichwertiges Werk. Gerade für die deutschen Sprachgebiete mit ihrer außerordentlich reichhaltigen mundartlichen Gliederung, war eine auf die Quellen zurückgehende wissenschaftliche Sammlung der Pflanzennamen ein Bedürfnis, das nicht nur von seiten der Botaniker, sondern auch von seiten der Germanisten besonders empfunden wurde, wie das Interesse von EDWARD SCHRÖDER, dem das neu erscheinende Werk gewidmet ist, für dieses Gebiet der Sprachforschung beweist. HEINRICH MARZELL stehen durch eigene frühere Publikationen und vor allem durch die Bearbeitung der volkstümlichen Pflanzennamen in der „Illustrierten Flora" von HEGI ein großes Material und reiche Erfahrungen zur Verfügung. Ihn unterstützt in dem vorliegenden Werk der als ausgezeichneter Sprachvergleicher bekannte W. WISSMANN nach der philologischen Seite.

Die Namen sind nach den lateinischen wissenschaftlichen Bezeichnungen alphabetisch geordnet, und zwar werden die von HEGI benutzten Pflanzennamen zugrunde gelegt. Jede Pflanze wird kurz beschrieben, bei vielen wird eine Schwarzweißabbildung beigefügt und auf ausführlichere Beschreibungen in der Literatur (vor allem im HEGI) verwiesen. Dann folgen zunächst die „alten", d. h. vor-LINNÉschen lateinischen Namen, die hier wohl zum ersten Male so vollständig zusammengestellt sein dürften. Die eigentlichen deutschen und mundartlichen Namen werden anschließend mit Quellenangabe nach Benennungsmotiven, sofern diese deutlich sind, geordnet aufgezählt und sprachlich wie sachlich erläutert. Schon die erste Lieferung gibt mit Gattungen wie Acer (Ahorn), die auf reichlich 16 Spalten behandelt wird, einen Begriff von der Größe des in diesem Wörterbuch erfaßten Materials. Die Sammlung beschränkt sich aber nicht auf einheimische Pflanzen, sondern es sind auch ausländische Arten aufgenommen, sofern für sie gebräuchliche deutsche Bezeichnungen bekannt sind. Dagegen wurde glücklicherweise davon abgesehen, auch die meist gekünstelten unzähligen rein gärtnerischen Benennungen aufzunehmen. Nach Möglichkeit sind die Namen der verwandten germanischen, in manchen Fällen aber auch der romanischen und slavischen Sprachen zum Vergleich herangezogen worden. — Man kann schon nach der ersten Lieferung ermessen, welche Fülle sprachschöpferischer Phantasie in diesem Werke zur Sammlung und Anschauung gebracht werden soll; die überall aufstrebende Volkskunde und Mundartenforschung wird es als eine wichtige Grundlage für dieses Gebiet bald nicht mehr entbehren können. Wenn das Unternehmen mit ungefähr 80000 Namen abgeschlossen vorliegen wird, kann sich die Sammlung nicht nur mit den besten der anderen großen Kulturvölker messen, sondern wird sie in mancher Hinsicht noch übertreffen. Das Schrifttumsverzeichnis umfaßt schon jetzt ungefähr 700 bibliographisch genau angegebene Titel.

G. MELCHERS, Berlin-Dahlem.

Handbuch der Seefischerei Nordeuropas. Herausgegeben von H. LÜBBERT und E. EHRENBAUM. Bd. III, H. 1. E. HENTSCHEL, Naturgeschichte der nordatlantischen Wale und Robben. Stuttgart: E. Schweizerbart 1937. 54 S. und 60 Abbild. 19 cm × 27 cm. Preis brosch. RM 15.—.

Gerade gegenwärtig ist in Deutschland das allgemeine Interesse am Walfang groß, nachdem Deutschland im vorigen Jahre wieder in die Reihe der Walfang treibenden Länder eingetreten ist und in diesem Jahre seine Fangflotte bereits erheblich vermehrt hat. Bei der vorliegenden Veröffentlichung handelt es sich allerdings nicht um eine Darstellung der wirtschaftlichen und technischen Seite, sondern allein um eine Behandlung der Systematik und Biologie der nordatlantischen Meeressäuger. Da aber die Hauptfangobjekte des antarktischen Walfanges, der heute den Kern des gesamten Walfanges bildet, auch im Nordatlantik vertreten sind, erhält dieses Buch auch im Hinblick auf das gegenwärtige besondere Interesse Deutschlands an Walen seine Bedeutung. Außer den Walen werden auch die Robben behandelt. Für beide Gruppen werden zunächst Angaben über Körperbau und Lebensweise gemacht. Dann werden die einzelnen Arten in ihrer systematischen Anordnung behandelt. Hierbei werden die körperlichen Merkmale, Verbreitung, Lebensweise, Ernährung, Fortpflanzung und wirtschaftliche Bedeutung, berücksichtigt. Neben den deutschen und wissenschaftlichen Namen sind auch fremde (dänische, englische, französische, isländische, norwegische, schwedische) Bezeichnungen angegeben. Zahlreiche Zeichnungen und Photographien erläutern in klarer Weise den Text. Besonders hervorgehoben sein mag eine Tafel, auf der die verschiedenen Walarten in gleichem Größenverhältnis dargestellt sind. Diese sowohl inhaltlich wie in ihrer äußeren Form sehr gute Zusammenstellung über die nordatlantischen Meeressäuger stellt gerade gegenwärtig eine wertvolle Bereicherung des Schrifttums dar, da eine derartige Darstellung bisher fehlte.

W. SCHNAKENBECK, Hamburg.

Pflanzengeographische Mitteilungen.

1. Unter den zahlreichen **pollenanalytischen** Arbeiten kommt den von S. ROTHSCHILD [Beih. z. Bot. Zbl. 54, Abt. B, 140—184 (1935)] im Nordteil der Oberrheinischen Tiefebene (zwischen Neckar, Rhein, Main, Odenwald und Spessart) ausgeführten Untersuchungen zur nacheiszeitlichen Geschichte der Moore und Wälder besonders dadurch ein größeres Interesse zu, daß das Untersuchungsgebiet sich durch besonders günstige

klimatische Bedingungen auszeichnet, die sich ebenso in einer dichten vorgeschichtlichen Besiedlung wie in dem Vorkommen artenreicher Standorte der Steppenheidevegetation widerspiegeln. Zur Untersuchung eigneten sich besonders die teilweise vermoorten alten Neckar- und Mainläufe, von denen ersterer sich entlang der Bergstraße von Heidelberg nach Trebur zieht, letzterer vom Spessart durch das Frankfurter Stadtgebiet zum Mündungsdelta bei Rüsselsheim.

In den ältesten Abschnitten der Waldgeschichte als solcher gelangt die heutige klimatische Begünstigung nicht zum Ausdruck, denn in ihrer ersten Periode dominiert die Kiefer neben wenig Birke und Weiden; einem hiernach naheliegenden Schluß auf ein subarktisches Klima widersprechen aber die makroskopischen Reste von Sumpfpflanzen, die großenteils zu höhere Wärmeansprüche stellenden Arten gehören, so daß ein relativ mildes Klima angenommen werden muß, das nicht ungünstiger war, als es heute etwa zwischen 60 und 62° n. B. in Fennoskandinavien herrscht. Wenn sich also auch im Waldbilde keine grundsätzlichen Unterschiede gegenüber klimatisch weniger bevorzugten Gebieten geltend machen, insbesondere keine Verfrühung in der Ausbreitung der wärmeliebenden Waldbäume festzustellen ist, so war das Gebiet doch schon im Spätglazial durch ein relativ mildes Klima ausgezeichnet; dabei läßt die Dominanz der Kiefer über die Birke darauf schließen, daß die relative Kontinentalität, durch die das Klima des Gebietes heute eine gewisse Sonderstellung einnimmt, sich auch schon im Präboreal ausgewirkt hat.

Auf die artenarme Kiefernperiode folgt keine selbständige Haselphase, sondern es schließt sich die Eichenmischwaldzeit an mit teilweise (besonders im feuchteren Gebiete) reichlichem Haselvorkommen; eine allgemein gültige Einwanderungsfolge der Leitbäume des Eichenmischwaldes, neben dem die Kiefernkurve sich immer noch um 70% herum hält, läßt sich nicht feststellen; die Erle ist ebenfalls schon vorhanden, gelangt jedoch noch nicht zu größerer Bedeutung.

Aus der plötzlich schnell fortschreitenden Verlandung, ebenso aus dem geringen Torfwachstum, der geringen Ausdehnung der Erlenbrüche und aus dem Vorkommen von Zersetzungsschichten ergibt sich der bemerkenswerte Schluß, daß die Eichenmischwaldzeit im nördlichen Teil der Oberrheinebene eine Trockenzeit war. Damals dürften auch die Steppenheidepflanzen, soweit sie nicht bereits in der Kiefernperiode zur Ausbreitung gelangt waren, günstigere Lebensbedingungen gefunden haben als in der nachfolgenden, durch die Ausbreitung der Buche mit reicher lokaler Erlendominanz charakterisierten Periode, zu deren Beginn offenbar stärkere, u. a. in einem Neubeginn bzw. einer Verstärkung der Torfbildung zum Ausdruck gelangende Niederschläge einsetzten. Auf den ärmeren Böden behauptete sich nach wie vor die Kiefer; auch die Eiche ist von der Buche nicht völlig zurückgedrängt worden. Aus der Lage des alten Neckarlaufes zu den Dünen, die das Bett an keiner Stelle überschütteten, und aus kiefernzeitlichen Verlandungsschichten auch seiner jüngeren Schlangen ergibt sich, daß der alte Neckarlauf jünger sein muß als die Periode der Dünenbildung, daß er aber sein Bett zu Beginn der Kiefernzeit schon wieder verlassen hatte, so daß also der Bergstraßenlauf des Neckars einem Abschnitt des letzten Spätglazials entspricht.

Es ist ferner eine gern geübte Pflicht dankbaren Gedenkens an den zu früh der Wissenschaft entrissenen Mitarbeiter dieser Zeitschrift PETER STARK, wenn wir hier auch der umfangreichen Arbeit gedenken, in der Frau Liselotte St. das von ihrem Gatten während seiner Breslauer Tätigkeit gesammelte Material mit Unterstützung einiger Schüler und Freunde des Verstorbenen zu einer Gesamtdarstellung der Geschichte der Wälder und Moore Schlesiens in postglazialer Zeit verarbeitet hat [Englers Botan. Jahrb. 67, 493—640 (1936)]. Bei dem großen Umfang und den vielen, durch regionale Verschiedenheiten verschiedener Teile der ausgedehnten Provinz komplizierten Einzelheiten kann von den Ergebnissen hier naturgemäß nur einiges Wenige angeführt werden.

Die postglaziale Waldentwicklung der schlesischen Ebene steht völlig unter dem Zeichen der Kiefer, deren Pollenkurve nur lokal von der Erle oder selten von der Birke überflügelt wird; diese dauernde Herrschaft der Kiefer ist ja auch für das ostdeutsche und vor allem das polnische Kieferngebiet mit gewissen Abstufungen bezeichnend. Erst mit der Annäherung an die westlichen, mehr atlantisch beeinflußten Bezirke wird die Waldentwicklung wechselvoller; darauf deutet in Niederschlesien schon die stärkere Beteiligung der Birke am kiefernzeitlichen Waldbild, ferner in den späteren Perioden auch die stärkere Ausbreitung der Hasel und das frühere Erscheinen der Rotbuche gegenüber der Hainbuche. Immerhin läßt sich ungeachtet der Kieferndominanz die für ganz Mitteleuropa gültige Entwicklungsfolge auch in Schlesien erkennen und demnach die Waldgeschichte sich in die Phasen der Kiefer (I), der Hasel und des Eichenmischwaldes (II), der Buche, Tanne und Hainbuche (III) sondern.

Im Eichenmischwald, dessen Maximum meist unter 10% bleibt und sich nur ausnahmsweise bis zu 30% erhebt, treten anfangs Ulme und Linde stärker hervor als in der zweiten Hälfte. Die Fichte erreicht erst in den späteren Stadien der Laubwaldausbreitung, meist erst um die Wende zu III ihr Maximum; die dabei von der oberschlesischen Ebene, die schon montane Anklänge zeigt, nach dem Westen und ebenso von gebirgsnäheren Strichen nach dem Norden zu beobachtende Staffelung steht mit dem gegenwärtigen Verbreitungsbilde der Fichte im Einklang; die Antwort auf die Frage, ob damals die Grenzen des heutigen Areals überschritten wurden, hängt von der Bewertung der geringen Prozente in den nördlich der jetzigen Fichtengrenze gelegenen Moorprofilen, ob auf Ferntransport beruhend oder nicht, ab. Im Westen stellt sich die Rotbuche als erste ein, während im Nordosten die Hainbuche den Vorrang hat; die Werte gehen nur ausnahmsweise über 10% hinaus. Die Tanne zeigt die gleiche Verteilung wie die Fichte.

Der Eichenmischwald, in dem nun die Eiche vorherrscht, erfährt während der Buchen-Tannenzeit einen Rückgang; die Erle erreicht ihre maximale Ausbreitung entweder schon in II oder auch erst im Verlauf der letzten Phase. In der montanen Region beschränkt sich die Dominanz der Kiefer meist auf die früheste Phase und den rezenten Kiefern-Fichtenanstieg; im ganzen läßt sich hier eine Gliederung in Kiefern-, Kiefern-Hasel-, Fichten- und Buchen-Tannenzeit, dem „böhmischen Grundschema" entsprechend, erkennen. Linden-Ulmenwälder mit reichlichem Haselunterwuchs lösten die anscheinend an die ausgesprochenen Laubwaldbezirke gebundene Haselphase ab, doch stehen sie in den ausgesprochenen Nadelwaldgebieten gegenüber der Fichte im Hintergrunde.

Die in der postglazialen Wärmezeit höhere Lage der Baumgrenzen kommt z. B. darin zum Ausdruck, daß im Riesengebirge in der Großen Schneegrube (1280 m) noch 30% Lindenpollen gezählt werden konnten. Buche und Tanne erscheinen schon vor der höchsten Ausbreitung der Fichte, deren Dominanz bis 70% betragen kann, während die Hainbuche nachhinkt. Mit der Zu-

nahme ihrer Häufigkeit verlieren die Eichenmischwälder an Boden, auch die Fichte geht zurück. Die Unterschiede von Laub- und Nadelholzbezirken treten auch in der Buchen-Tannenphase hervor.

Die oberschlesische Ebene fügt sich in ihrer Waldentwicklung schon völlig dem polnischen Berg- und Hügelland ein und zeigt wie dieses in der Ausbildung einer Fichtenphase und in einer stark tannenbetonten letzten Waldzeit einen montanen Einschlag. In klimatischer Hinsicht wird besonders auf das von der Ungunst des Klimas zeugende artenarme Waldbild der reinen Kiefernzeit hingewiesen, dem auch eine relativ artenarme und zumeist aus den Glazialfloren eigenen Komponenten bestehende Moor- und Wasservegetation entspricht; auch die Zahl der Moorbildungen ist um diese Zeit noch gering und fast nur auf die niederen Lagen beschränkt. Die Milderung des Klimas um die Wende zur Hasel-Eichenmischwaldzeit kommt u. a. auch in dem Auftreten von *Cladium Mariscus* und anderen Bereicherungen der Sumpfvegetation zum Ausdruck; die Torfbildung greift nun auch auf die höheren Regionen über. Als Höhepunkt der postglazialen Wärmeperiode dürfte der Ausklang der Hasel-Eichenmischwaldzeit und die beginnende Buchenausbreitung anzusehen sein; ihr entspricht in der Wasserflora eine Massenausbreitung der heute nur selten vorkommenden *Najas marina*. Das mit der Ausbreitung der Fichte in Gebirgslagen einsetzende Hochmoorwachstum macht die mehr atlantische Tönung des Klimas gegenüber der Kiefern- und Kiefern-Haselzeit ersichtlich. Die spätere Verschlechterung der klimatischen Verhältnisse wird im schlesischen Flachland nur durch den völligen Rückgang von *Cladium Mariscus* und *Najas marina* angedeutet.

2. Die Frage nach der sog. **Klimaxassoziation,** d. h. derjenigen Pflanzengesellschaft, der als einem relativ stabilen Gleichgewichtszustand der „normale" Gang der Vegetationsentwicklung im Zusammenhang mit der fortschreitenden Bodenbildung, beide sich gegenseitig bedingend, zustrebt, behandelt eine recht anregende Arbeit von B. Pawlowski für die alpine Stufe der Tatra. Der Verf. war früher geneigt, eine Mischassoziation aus Kalk- und Urgesteinsarten, die nach den beiden Leitarten *Avena versicolor* und *Sesleria disticha* als „Disticheto-Versicoloretum" bezeichnet wurde, für die Kalkgebiete der Tatra als das Endstadium anzusehen, wogegen die strenge Klimaxtheorie für Kalk-, Urgesteins- und überhaupt jede Unterlage die gleiche Schlußassoziation postuliert. Auf Grund neuerer Untersuchungen, die in einer gewissen Anzahl von Fällen die Feststellung einer typisch entwickelten azidophilen Vegetation auf ursprünglicher Kalkunterlage ergaben, schließt sich Verf. nun diesem insbesondere von Braun-Blanquet vertretenen und in seiner Arbeit über Vegetationsentwicklung und Bodenbildung in der alpinen Stufe der Zentralalpen (1926) durchgeführten Standpunkt an, wobei der Gang der Entwicklung von der Kalkrasengesellschaft des Versicoloretums bis zur Trifido-Distichetum-Klimax (*Sesleria disticha* und *Juncus trifidus* als Charakterarten) eingehend und unter Anführung zahlreicher interessanter, auch bodenkundlicher Einzelheiten dargestellt wird. Freilich muß Verf. zugeben, daß die Entwicklung zu dieser Klimaxassoziation nur an minder steilen Hängen und bei geschlossener Rasenbildung fortschreitet, daß sich dagegen an steilen, gipfelwärts felsigen Hängen oder bei sehr lockerem Schluß der Vegetation Kalkassoziationen sehr lange in reinem Zustand erhalten können. Danach scheint dem Referenten der vom Verf. selbst in Betracht gezogene, jedoch als unerheblich zurückgewiesene Einwand, daß das Klimaxstadium nur ganz lokal erreicht werden kann, doch einer gewissen Tragweite nicht zu entbehren.

Es ist zweifellos in mehr als einer Hinsicht von großem Interesse, daß auch auf reiner Kalkunterlage unter gewissen Bedingungen die Vegetationsentwicklung in ein Stadium ausmünden kann, wie es sonst für die Entwicklung auf Urgesteinsunterlage bezeichnend ist. Wenn man aber darauf hinweist, daß diese Entwicklung stets Platz greifen würde, wenn nur keine fortgesetzt erneute Kalkzufuhr von oben her stattfände oder der Einfluß der Beweidung ausgeschaltet werden könnte, und wenn ein genügend weiter Fortschritt der Abtragungsvorgänge die Voraussetzung dafür ist, daß die postulierte Entwicklung wirklich Platz greifen kann, so wird die Unterscheidung von Klimaxvegetation und als Klimaxhemmung geltenden Schlußvereinen, die infolge irgendwelcher Umstände nicht bis zum Klimaxstadium sich fortzuentwickeln vermögen, zu einer mehr oder weniger theoretischen Angelegenheit. Sie wird es in um so höherem Grade, als einerseits diese sog. Dauergesellschaften — von durch menschliche Eingriffe verursachten Hemmungen der Entwicklung sehen wir hierbei selbstverständlich ab — in genau der gleichen Weise ihre Entstehung und ihren Bestand der Einwirkung der in der Natur gegebenen ökologischen Faktoren verdanken wie die Klimavegetation, und anderseits eine auf diese hin gerichtete Entwicklung ihren Gang doch nur so lange fortzusetzen vermag, wie das Klima keine Änderung erfährt. Diese Voraussetzung aber dürfte in Fällen, in denen aus dem einen oder anderen Grunde die Erreichung des Klimaxstadiums sehr lange Zeiträume benötigt, kaum als zutreffend gelten können, wenn man z. B. an die Änderungen des nacheiszeitlichen Klimas denkt, die sich in einem relativ kurzen Zeitabschnitt der Erdgeschichte abgespielt haben. Von diesen Gesichtspunkten aus scheint es dem Ref., daß, unter dem Einfluß namentlich von Braun-Blanquet und Tüxen, in der neueren mitteleuropäischen Pflanzensoziologie dem Klimaxbegriff ein etwas zu weiter Spielraum gewährt und eine nicht ganz bedenkenfreie Annäherung an die Ideen des Nordamerikaners Clements vollzogen wird.

Besonders heikel liegen diese Fragen, wenn der Versuch gemacht wird, z. B. im Bereiche des mitteleuropäischen Flach- und Hügellandes eine sei es allgemein, sei es für bestimmte Bezirke gültige Waldklimax zu ermitteln, weil hier infolge der jahrhundertelangen menschlichen Beeinflussung der Charakter der Wälder schon so viel von seiner Ursprünglichkeit eingebüßt hat, daß Irrtümern und falschen Annahmen dadurch Tor und Tür geöffnet ist, wovon man sich aus der einschlägigen Literatur leicht überzeugen kann und worauf an dieser Stelle auch schon früher in anderem Zusammenhang hingewiesen wurde. Und wenn Tüxen (Klimaxprobleme des nordwesteuropäischen Festlandes. Nederl. Kruidk. Archief **1933**, 293—309) sich genötigt gesehen hat, neben der Klimax noch die Existenz einer sog. Paraklimax einzuräumen für Waldgesellschaften, die infolge der Ungunst der primären Bodenverhältnisse es nicht bis zum Range der „klimatischen Schlußgesellschaft" zu bringen vermögen — worunter die Kiefernwälder des ostelbischen Flachlandes fallen oder in Nordwestdeutschland der azidophile Eichen-Birkenwald —, so wird nach Ansicht des Ref. dadurch der großenteils rein theoretische Wert der Klimaxlehre besonders deutlich gemacht. W. Wangerin.

Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: Fritz Süffert, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamer A.-G. in Leipzig.